

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

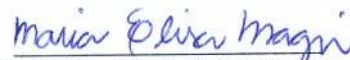
QUALIDADE, EFICIÊNCIA E GESTÃO SUSTENTÁVEL DE  
RECURSOS HÍDRICOS NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE  
CONSERVAÇÃO DE ÁGUA AO NÍVEL DOMÉSTICO


JOANA MIGUEL SANTOS RAMIRÃO COSTA

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte  
dos requisitos para Conclusão do Curso de Graduação  
em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II

Banca Examinadora:

  
Prof. Dr. Luiz Sérgio Philippi  
(Orientador)

  
Prof. Msc. Maria Elisa Magri  
(Membro da Banca)

  
Prof. Dr. César Augusto Pompêo  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
JULHO/2010



## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Luiz Sérgio Philippi, por me ter aceite mesmo tendo em conta todas as condicionantes deste desafio.

Aos meus colegas do GESAD, que mais do que amigos foram a minha “família” brasileira, proporcionando-me sempre momentos muito felizes e de grande aprendizagem. Vou ter muitas saudades e aguardo a vossa visita em Portugal!

A todos os meus outros amigos que fiz em Florianópolis dos quais também vou ter saudades e que espero visita!

Às minhas amigas desta aventura pela atenção que tiveram, para comigo, durante os meus momentos de hibernação para realizar este trabalho.

À malta de Além-mar, os meus sempre lembrados amigos e alguns destes também colegas, que me apoiaram na realização desta aventura, e que mesmo distantes, através das tecnologias se mostraram curiosos e acima de tudo preocupados comigo e com saudades dos bons momentos que passámos.

Ao meu David pelo amor e bom humor, pela disponibilidade constante e principalmente pela ajuda neste trabalho por ter perdido horas a digitalizar material e a enviar de Portugal.

À minha família por todo o amor que me dão, e ainda, ao meu pai pelo incentivo que sempre me deu para ir descobrir o mundo, à minha mãe por toda a ajuda nesta aventura mesmo mostrando que preferia que ficasse perto dela, à minha avó Júlia por me fazer ver as coisas do lado positivo, à minha avó Lurdes pela oferta da máquina fotográfica com a qual fotografei a figura 4-14, à minha bisavó Pombalina que mesmo velhinha ainda me conseguiu ver pela internet, à tia Natália e ao tio Randy pela ajuda no abstract, à tia Irene e ao tio António pela mala de viagem e a todos os meus outros familiares que me presentearam com qualquer tipo de apoio neste meu tão importante momento de vida. Ah e por acaso também ao meu irmão...

Sem vocês teria sido mais difícil. Obrigada.

"O futuro não é um lugar para onde vamos mas um lugar que estamos a criar. O caminho para ele não é encontrado, mas construído e o acto de fazê-lo muda tanto o realizador quanto o futuro."

Antoine de Saint-Exupéry

## RESUMO

A água é um recurso determinante para as favoráveis condições de vida das comunidades e dos ecossistemas. Devido ao crescimento demográfico, às variações climáticas e às acções de origem antropogénica os recursos hídricos apresentam-se afectados em termos qualitativos e quantitativos surgindo, conseqüentemente, a necessidade de desenvolver os sistemas de conservação de água e de mobilizar a sociedade para a sua aceitação. Com esse intuito, aborda-se neste trabalho a estratégia do aproveitamento de fontes alternativas de água em termos de qualidade, eficiência e gestão sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água, em particular sistemas de reutilização de águas cinzas (SRAC) e de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) com aplicação ao nível doméstico, tanto em residências unifamiliares como edifícios residenciais, para uso não potável, com maior ênfase em estudos brasileiros e portugueses.

Começou-se por realizar o estudo da evolução até à actual situação legislativa portuguesa e brasileira, na procura de orientações de níveis de controlo de qualidade dos efluentes de sistemas de reutilização de água cinza e de aproveitamento de água da chuva ao nível doméstico. Constatou-se que o Brasil apresenta normas legislativas orientadas para a reutilização de águas residuais, destacando a prática da segregação dessas mesmas águas residuais para reduzir o grau de tratamento e os custos associados (NBR 13969:1997). Ao nível do aproveitamento de águas pluviais o Brasil segue as orientações da NBR 15527:2007. Em Portugal a questão da reutilização de águas residuais ainda aguarda ser legislada, existindo apenas a norma para utilização em rega NP 4434:2005 e a especificação técnica ETA 0701:2009 para o aproveitamento de águas pluviais.

Em seguida caracterizou-se a qualidade, a eficiência e a gestão sustentável dos recursos hídricos na utilização de SRAC e de SAAP começando-se por identificar as categorias estratégicas de conservação de água, as quais englobam a prática de aproveitamento de fontes alternativas de água que, por sua vez, indicam a aplicação dos sistemas referidos anteriormente.

Entende-se que a qualidade, na utilização de sistemas de conservação, está directamente relacionada com as características finais do efluente tratado, ou seja é dependente da eficiência da tecnologia de tratamento e do cumprimento de parâmetros de qualidade. Por este motivo deu-se especial relevância à caracterização de tecnologias de tratamento mais utilizadas nestes sistemas, assim como se analisou o

panorama geral, tanto brasileiro como português, sobre os parâmetros de verificação de qualidade destas águas, considerando-se pertinente a aposta na correcta definição dos mesmos através de instrumentos legais/normativos adequados. Em termos de eficiência, para além da qualitativa, existe a eficiência quantitativa, que só é aceite quando o consumo de água não potável é suprido, de forma racional, pelas disponibilidades das fontes alternativas de água, e ainda se conhece a eficiência traduzida à escala da viabilidade económica do projecto. De um modo geral, consideram-se, os sistemas de conservação de água, componentes estratégicas da gestão sustentável de recursos hídricos.

Por fim apresentaram-se estudos de caso, através dos quais se compreendeu, em termos práticos, o nível de aplicabilidade destes sistemas assim como a importância das características, qualidade, eficiência e gestão integrada de recursos hídricos nos sistemas de conservação de água.

**Palavras-chave:** qualidade, eficiência, gestão sustentável de recursos hídricos, reutilização águas cinzas, aproveitamento de águas pluviais, uso doméstico, uso não potável.

## ABSTRACT

Water is a critical resource in ensuring favorable living conditions for communities and ecosystems. As a result of demographic expansion, climatic changes, and human activity, water resources are impacted qualitatively and quantitatively; as a consequence, there is a need to develop water conservation systems concurrent with a need to mobilize communities to adopt them. This paper addresses the tactic of using alternative water sources in terms of quality, efficiency, and sustainable management of water resources when using water conservation systems, particularly systems for the reuse of greywater and rainwater for non-potable purposes, in domestic applications, be it single-dwelling or multi-dwelling buildings, with a broader emphasis on Brazilian and Portuguese case studies.

This paper begins with an overview of the evolution of legislative action taken in Portugal and Brazil up to the present, in an effort to identify quality control standards for effluents of greywater reuse systems and rainwater reuse systems in domestic applications. Brazilian legislation regulates the reuse of wastewater, establishing the separation of household effluents in order to reduce treatment and related costs (NBR 13969:1997). The reuse of rainwater is regulated by NBR 15527:2007. In Portugal, the reuse of wastewater is yet to be legislated, outside of its application for irrigation purposes, as established in NP 4434:2005, as well as the reuse of rainwater, as established in ETA 0701:2009.

Following this overview, this study proceeds to identify measures of quality, efficiency, and sustainable management of water resources in the use of systems for the reuse of greywater and rainwater. It categorizes strategies for water conservation, which include the use of alternative water sources, which, in turn, point to the application of the aforementioned systems. In the use of conservation systems, quality is directly related to the final characteristics of the treated effluent, that is, it is contingent upon the efficiency of the treatment technology and its ability to meet quality compliance rules. Therefore, this paper devotes particular attention to the features of treatment technologies more often used with these systems, while considering the overall status in Brazil and Portugal relative to quality verification standards of the treated waters, as it is important for such standards to be properly defined and regulated through appropriate legislative and legal mechanisms.

When considering efficiency, beyond its qualitative dimension, there is also quantitative efficiency, which is reached only when consumption of non-potable water can be met, in a planned way, by the availability of

alternative water sources. Yet another dimension of efficiency is correlated to the economic viability scale of the given project.

In general, in this paper, water conservation systems are viewed as strategic components in the sustainable management of water resources. The paper ends with a presentation of case studies that enable us to understand, in a practical way, the range of applicability of these systems as well as the critical nature of the features, quality, efficiency and integrated management of water resources in water conservation systems.

**Key words:** quality, efficiency, sustainable management of water resources, greywater reuse, rainwater use, household, non-potable use.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1 Percentagem de água doce e salgada na Terra (2007).....	17
Figura 4-2 Disponibilidade de água doce no globo terrestre (2007) .....	18
Figura 4-3 Disponibilidade de água e população nos continentes (2003) .....	18
Figura 4-4 Mapa mundial representativo das áreas de escassez de água física. ....	19
Figura 4-5 Mapa mundial representativo das áreas de escassez de água económica. ....	20
Figura 4-6 Mapa mundial representativo do stress hídrico 2025 .....	20
Figura 4-7 Variante do ciclo hidrológico associado à conservação de água ao nível doméstico. ETA-Estação de tratamento de águas; SAAP – Sistema de aproveitamento de águas pluviais; ETAR – Estação de tratamento de águas residuais.....	24
Figura 4-8 Fluxograma de um sistema de conservação de água ao nível doméstico. ETA – Estação de tratamento de água; ETAR – Estação de tratamento de águas residuais; SAAP – Sistema de aproveitamento de águas pluviais; SRAC – Sistema de reutilização de águas cinzas.....	30
Figura 4-9 Fluxograma de um sistema de reutilização de águas cinzas	51
Figura 4-10 Esquema de um sistema de reutilização de águas cinzas em edifícios residenciais colectivos. ....	52
Figura 4-11 Fluxograma de um sistema de aproveitamento de água pluvial.....	53
Figura 4-12 Construção de telhado verde na sede do TIBÁ em Bom Jardim, RJ. Fonte: <a href="http://www.tibarose.com/port/novidades.htm">http://www.tibarose.com/port/novidades.htm</a> .....	68
Figura 4-13 Telhado verde na sede do TIBÁ em Bom Jardim, RJ.....	69
Figura 4-14 Sistema de reutilização de águas cinzas (tanque séptico seguido de wetland construído de fluxo horizontal) e sistema de aproveitamento de águas pluviais, SC, Brasil. ....	79
Figura 5-1 Fluxograma representativo da ETAC. Fonte: Gonçalves et al (2007).....	96

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4-1</b> Conferências e ações mundiais de preocupação ambiental e humana .....	21
<b>Tabela 4-2</b> Conferências e ações mundiais de preocupação ambiental e humana (Continuação) .....	22
<b>Tabela 4-3</b> Distribuição de consumo doméstico por dispositivo no Brasil e em Portugal.....	27
<b>Tabela 4-4</b> Documentação portuguesa referente a parâmetros de qualidade dos recursos hídricos.....	37
<b>Tabela 4-5</b> Percentagem de distritos brasileiros capacitados de determinado tipo de serviço de saneamento básico.....	39
<b>Tabela 4-6</b> Documentação brasileira referente a parâmetros de qualidade dos recursos hídricos .....	44
<b>Tabela 4-7</b> Parâmetros de qualidade de águas reutilizadas para uso restrito e não restrito segundo US EPA.....	71
<b>Tabela 4-8</b> Parâmetros de qualidade de águas cinzas reutilizadas recomendados no Brasil .....	72
<b>Tabela 4-9</b> Parâmetros de qualidade de águas cinzas reutilizadas recomendados em Portugal pelo Guia Técnico de Reutilização de Água (2010).....	73
<b>Tabela 4-10</b> Parâmetros de qualidade brasileiros e portugueses recomendados no aproveitamento de águas pluviais.....	74
<b>Tabela 5-1</b> Características dos estudos de caso de sistemas de reutilização de águas cinzas em residências unifamiliares .....	83
<b>Tabela 5-2</b> Características dos estudos de caso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residenciais unifamiliares .....	84
<b>Tabela 5-3</b> Características das águas cinzas e pluviais tratadas .....	86
<b>Tabela 5-4</b> Qualidade das águas e eficiência das tecnologias de tratamento.....	87
<b>Tabela 5-5</b> Valores de consumo de água por equipamento .....	89
<b>Tabela 5-6</b> Valores de água cinza bruta misturada e de cada equipamento .....	89
<b>Tabela 5-7</b> Resultado dos parâmetros de qualidade de águas cinzas e de eficiência do sistema de tratamento.....	91
<b>Tabela 5-8</b> Resultados de parâmetros de qualidade dos efluentes e de eficiência da tecnologia de tratamento .....	92
<b>Tabela 5-9</b> Valores de consumo de água por tipo de utilização .....	94
<b>Tabela 5-10</b> Residências portuguesas onde foram aplicados sistemas de aproveitamento de águas pluviais.....	95

## ÍNDICE

<b>1.INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2.OBJECTIVOS</b>	<b>15</b>
<b>2.1. GERAL</b>	<b>15</b>
<b>2.2. ESPECÍFICOS</b>	<b>15</b>
<b>3.ENQUADRAMENTO/METODOLOGIA</b>	<b>16</b>
<b>4.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Caracterização global do paradigma da conservação de água</b>	<b>17</b>
4.1.1. Ciclos Hidrológicos	22
4.1.2. Distribuição do consumo de água ao nível doméstico	25
4.1.3. Conservação de água ao nível doméstico	28
4.1.4. Saneamento ecológico	31
4.1.5. Saneamento descentralizado/centralizado	31
<b>4.2. Panorama geral dos recursos hídricos em Portugal</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Contexto legislativo e institucional português</b>	<b>33</b>
<b>4.4. Panorama geral dos recursos hídricos no Brasil</b>	<b>37</b>
<b>4.5. Contexto legislativo e institucional brasileiro</b>	<b>39</b>
<b>4.6. Categorias estratégicas de conservação de água ao nível doméstico</b>	<b>45</b>
<b>4.7. Sistemas de conservação de água ao nível doméstico</b>	<b>46</b>
4.7.1. Qualidade na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico	46
4.7.2. Eficiência na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico	47

4.7.3. Gestão sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico	48
<b>4.8. Sistemas de reutilização de águas cinzas ao nível doméstico</b>	<b>48</b>
<b>4.9. Sistemas de aproveitamento de água pluvial ao nível doméstico</b>	<b>53</b>
<b>4.10. Tecnologias de tratamento utilizadas em SRAC e SAAP</b>	<b>56</b>
4.10.1. Tanque séptico	57
4.10.2. Filtro anaeróbio	58
4.10.3. Filtros de Areia	58
4.10.4. Filtros plantados com macrófitas	59
4.10.5. Filtro biológico aerado submerso	62
4.10.6. Reactor anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo	65
4.10.7. Reactor anaeróbio compartimentado	66
4.10.8. Desinfecção	66
4.10.9. Telhado verde com sistema de reciclagem de água	67
<b>4.11. Critérios e padrões de qualidade na reutilização de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais</b>	<b>69</b>
<b>4.12. Avaliação de riscos na conservação de água</b>	<b>75</b>
<b>4.13. Participação pública e aceitabilidade da conservação de água</b>	<b>77</b>
<b>5. ESTUDOS DE CASO</b>	<b>82</b>
<b>5.1. Sistemas de conservação de água em residências unifamiliares</b>	<b>82</b>
5.1.1. Sistema de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais - bairro de Ratonas em Florianópolis (SC) Brasil	84
5.1.2. Sistema de reutilização de águas cinzas - Brasil	86

5.1.3.	Estudo quantitativo e qualitativo de produção de águas cinzas – bairro de Ratores, Florianópolis (SC), Brasil	88
5.1.4.	Dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial - região metropolitana de Vitoria (ES) Brasil	89
5.1.5.	Sistema de reutilização de águas cinzas - no município de Goiânia	90
5.1.6.	Sistema de reutilização de águas cinzas com aplicação de um filtro plantado de macrófitas - Brasil	91
5.1.7.	Sistema de aproveitamento de águas pluviais - Porto, Portugal	93
5.1.8.	Estudo de aproveitamento de águas pluviais - Toito na Guarda e em Estômbar em Faro, Portugal	93
<b>5.2.</b>	<b>Sistemas de conservação de água em edifícios residenciais</b>	<b>95</b>
5.2.1.	Edifício (Royal Blue) na Praia do Canto, Vitória/ES Brasil	95
5.2.2.	Tecnologia de aproveitamento de águas pluviais num empreendimento em Matosinhos, Portugal	97
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO/DISCUSSÃO</b>	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>104</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico, o desenvolvimento industrial e tecnológico, as variações climáticas e os seus problemas adversos, que afectam a humanidade, coagem cada vez mais para uma consciencialização ambiental a uma escala global, particularmente, em relação à água, recurso cada vez mais escasso e bem mais valioso do planeta, atingido por desequilíbrios entre necessidade e disponibilidade. A gestão dos recursos hídricos emerge assim, já no início do século XXI, como um dos paradigmas da sustentabilidade do desenvolvimento socioeconómico (MONTE E ALBUQUERQUE, 2010). Com a elevada procura de água e a diminuição da oferta e de qualidade os países são levados a interagirem e a abrirem fronteiras para fomentarem estudos e desenvolverem soluções em torno da conservação da água. De certo modo, a oportunidade de realizar um programa de mobilidade estudantil, é uma dessas formas, na medida em que contribui para compreender e comparar realidades diferentes, neste caso: a América do Sul – Brasil e a Europa – Portugal, no que respeita à prática da conservação da água através de sistemas de reutilização de água cinzas (SRAC) e de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), ao nível doméstico.

Em Portugal, a escassez de água afecta principalmente extensas áreas das regiões do Alentejo e do Algarve, do nordeste transmontano e do leste da Beira. As previsões relativas às alterações climáticas traçam um cenário de agravamento no sul do país em relação à disponibilidade de recursos hídricos, sendo a reutilização da água uma aposta nomeadamente para rega agrícola, rega paisagística e de campos de golfe. Relativamente aos serviços básicos de saneamento, ao nível do abastecimento de água e do tratamento de águas residuais, Portugal, dispõe actualmente de uma significativa taxa de cobertura, prevendo-se contudo que em 2013, com a execução do PEAASAR II<sup>1</sup>, que estes serviços contemplem 95% e 90% da população, respectivamente.

Quanto ao Brasil, apesar de conter cerca de 13,7% de toda a água doce superficial do planeta, 70% desse recurso encontra-se na Amazónia, nas regiões Norte e Centro-Oeste onde a densidade populacional acaba por ser relativamente pequena em comparação com outras regiões. Em contrapartida, as regiões Sudeste e Nordeste concentram a menor parcela de água e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira (GONÇALVES,

---

<sup>1</sup> Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)

2006). Ao nível dos serviços básicos de saneamento a rede de esgotos ainda é deficitária abrangendo aproximadamente 40% dos municípios enquanto que ao nível do abastecimento de água cerca de 94% são abrangidos (ANA, 2005).

A conservação de água, ao nível doméstico, é conseguida com a redução do consumo de água potável através da utilização do efluente de SRAC ou de SAAP, suprimindo usos de exigência de qualidade inferior principalmente na descarga do vaso sanitário, equipamento que se mostra maior consumidor de água ao nível residencial.

Assumindo a água um carácter tão determinante para as condições de vida das comunidades e do ambiente, esforços devem ser mobilizados para promover uma maior aceitação por parte da sociedade na aposta em tecnologias de conservação. Com esse intuito aborda-se neste trabalho a questão do aproveitamento de fontes alternativas de água em termos de qualidade, eficiência e gestão sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água, em especial os SRAC e os SAAP com aplicação ao nível doméstico, tanto em residências unifamiliares como edifícios residenciais, para uso não potável.

O presente trabalho é constituído por sete capítulos. No segundo capítulo, depois deste de introdução, apresentam-se os objectivos propostos na elaboração deste trabalho. No terceiro capítulo apresenta-se um enquadramento e a metodologia seguida neste trabalho. No quarto capítulo através da revisão bibliográfica, que pretende dar uma perspectiva do que já foi escrito, analisado e estudado sobre este tema, responde-se a alguns objectivos. No quinto capítulo são apresentados estudos de caso da aplicação de sistemas de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais ao nível doméstico, em residências unifamiliares e edificações colectivas. No sexto capítulo discute-se e apresentam-se as conclusões retiradas dos capítulos anteriores e ainda se expõem algumas sugestões. Por último, o capítulo sétimo enuncia as referências bibliográficas.

## **2. OBJECTIVOS**

### **2.1. GERAL**

Estudar o panorama legislativo e de desenvolvimento tecnológico português e brasileiro no que respeita à aposta na qualidade, eficiência e gestão integrada e sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água, em particular no aproveitamento de água pluvial e na reutilização de água cinza tratada, para uso não potável ao nível doméstico, através de uma revisão bibliográfica e estudos de caso existentes nesses países.

### **2.2. ESPECÍFICOS**

- Estudar o contexto legal e institucional português e brasileiro de apoio aos sistemas de reutilização de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais.
- Identificar as categorias estratégicas de conservação de água utilizadas ao nível doméstico.
- Caracterizar a qualidade, a eficiência e a gestão sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água.
- Caracterizar os sistemas de aproveitamento de águas pluviais e de reutilização de águas cinzas.
- Descrever algumas das tecnologias de tratamento utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial e de reutilização de água cinza.
- Expor alguns estudos de caso, portugueses e brasileiros, relativos a sistemas de aproveitamento de água pluvial e de reutilização de água cinza com aplicação em residências unifamiliares e/ou edifícios colectivos.



### **3. ENQUADRAMENTO/METODOLOGIA**

A realização deste trabalho de investigação resultou do meu interesse em ingressar a Universidade Federal de Santa Catarina em Florianópolis (UFSC), no âmbito do programa de mobilidade estudantil, com o intuito de terminar o Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade de Coimbra na especialidade de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. Tendo em conta a especialidade escolhida considerei o curso de Engenharia Sanitária e Ambiental o que melhor se ajusta ao que pretendo que seja o meu currículo académico, nomeadamente em termos de temáticas a abordar na elaboração da dissertação (trabalho de conclusão de curso). Nesse sentido, com o intuito de abordar temáticas sobre a conservação de água, fui direccionada para o Grupo de Estudos de Saneamento Descentralizado (GESAD) da UFSC onde me foi dada a oportunidade de realizar este trabalho de conclusão de curso. Após a definição dos objectivos (capítulo 2) iniciou-se a pesquisa e revisão bibliográfica na qual se englobaram as respostas aos cinco primeiros objectivos, devido ao seu cariz teórico. Relativamente ao último objectivo seleccionaram-se os estudos mais relevantes encontrados ao longo da pesquisa, descreveram-se e apresentaram-se em tabela resumo de modo a entender-se a aplicação prática destas tecnologias. Todo o estudo foi desenvolvido com base em artigos, dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, manuais técnicos, visitas de campo a projectos do GESAD e seminários promovidos pelo mesmo. Por último estabeleceu-se a conclusão e discussão do estudo efectuado e apresentado ao longo de todo o trabalho.

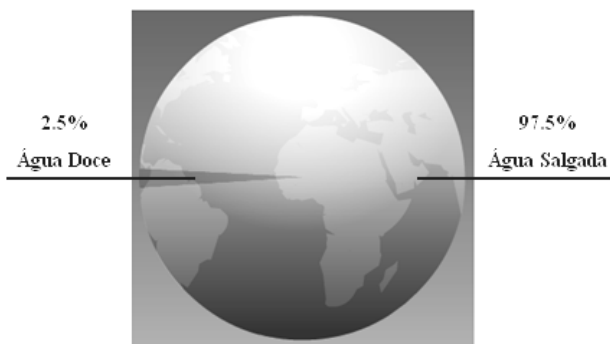
## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com a realização da presente revisão bibliográfica pretende-se expor e clarificar conceitos, técnicas e legislação relevantes para um enquadramento e entendimento do tema em questão, ao mesmo tempo que se efectiva a resposta aos primeiros quatro objectivos apresentados no capítulo 2.

### 4.1. Caracterização global do paradigma da conservação de água

A crescente preocupação com a disponibilidade mundial da água vem exigindo uma nova consciência em relação à utilização desse recurso.

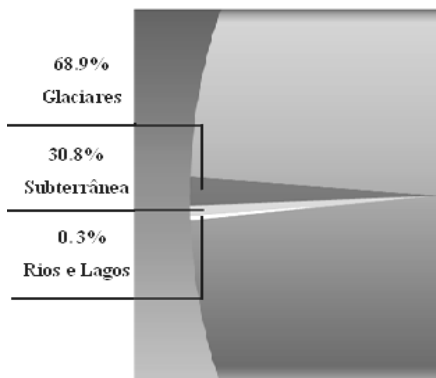
Embora o planeta Terra seja apelidado de “Planeta Azul”, devido à quantidade de água observável na superfície do globo, reconhece-se, de acordo com dados disponibilizados pela Food and Agriculture Organization (FAO) que 97,50% da disponibilidade mundial da água se encontra nos oceanos na forma de água salgada, imprópria para o consumo humano contra 2,5% de água doce.



**Figura 4-1** Percentagem de água doce e salgada na Terra (2007)

Adaptado de: <http://www.fao.org/nr/water/art/2007/flash/101/2/gallery1.html>

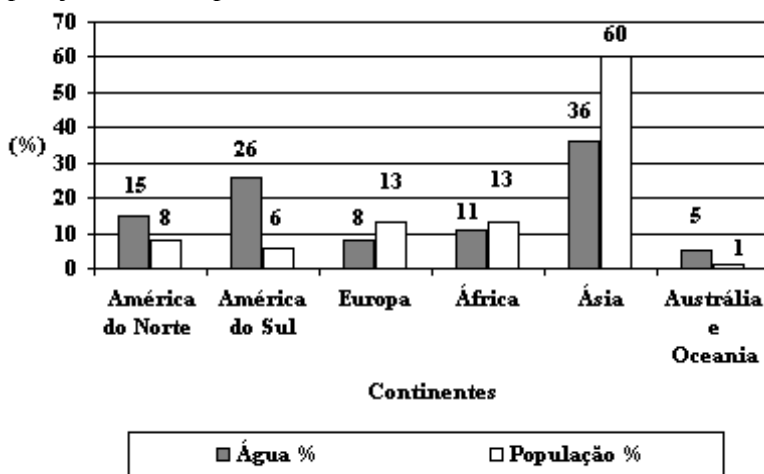
No entanto o volume de água doce, própria para consumo humano, de fácil acesso resume-se a 0,3% e trata-se de água presente em rios e lagos.



**Figura 4-2** Disponibilidade de água doce no globo terrestre (2007)

Adaptado de: <http://www.fao.org/nr/water/art/2007/flash/101/2/gallery1.html>

Através da figura 4-3 apresentada em seguida, adaptada do World Water Assessment Programme (WWAP), compreende-se que nem sempre a disponibilidade de água é compatível com a quantidade de população do respectivo continente, ressaltando-se em particular a pressão sobre o continente asiático que sustenta mais de metade da população mundial apenas com 36% de recursos hídricos mundiais.

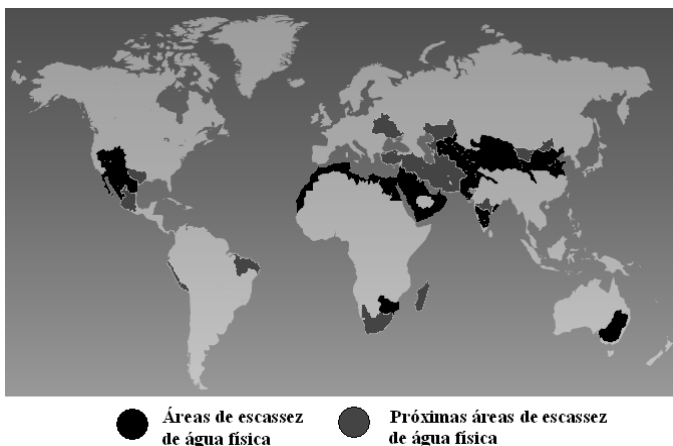


**Figura 4-3** Disponibilidade de água e população nos continentes (2003)

Adaptado de: <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/>

Evidentemente, o consumo de água nas diferentes regiões do planeta é muito diversificado e depende de uma série de factores, que vão desde variáveis comportamentais até variáveis físicas e económicas.

Na figura 4-4 apresentam-se as regiões de actual e próxima escassez física. Segundo a FAO entende-se que ocorre escassez física quando existe falta de água para atender as necessidades básicas, como por exemplo nas regiões áridas.



**Figura 4-4** Mapa mundial representativo das áreas de escassez de água física.

Fonte: <http://www.fao.org/nr/water/art/2007/flash/101/2/gallery1.html>

As áreas afectadas por escassez de água económica são apresentadas na figura 4-5. Diz-se que ocorre escassez de água económica quando o capital humano, financeiro ou institucional limita o acesso à água embora exista água na natureza para as necessidades básicas. Neste caso, a escassez de água deixa de ser considerada como atributo exclusivo de regiões secas e semi-áridas, pois muitas áreas com recursos hídricos abundantes, mostram-se insuficientes para atender a procura excessivamente elevadas, sustentando conflitos de usos e restrições de consumo que afectam o desenvolvimento económico e a qualidade de vida.

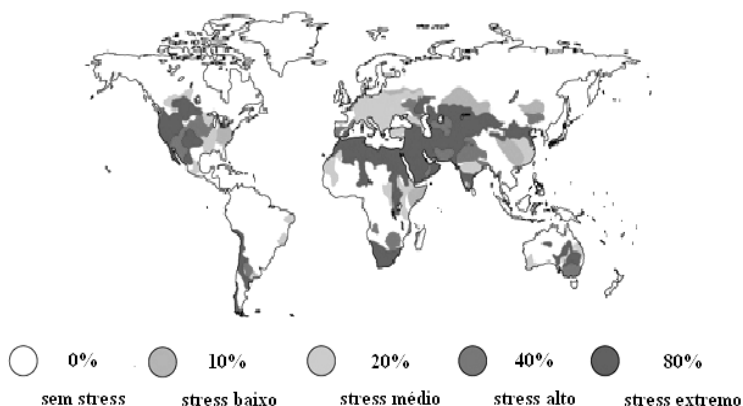


● Áreas de escassez de água económica

**Figura 4-5** Mapa mundial representativo das áreas de escassez de água económica.

Fonte: <http://www.fao.org/nr/water/art/2007/flash/101/2/gallery1.html>

O stress hídrico, segundo Alcamo et. al (1997), resulta de um desequilíbrio entre a utilização da água e dos recursos hídricos disponíveis. O indicador de stress hídrico no mapa seguinte mede a proporção de água captada em relação ao total de recursos renováveis.



**Figura 4-6** Mapa mundial representativo do stress hídrico 2025

Fonte: <http://www.worldwatercouncil.org/>

Alcamo et al. (1997), refere ainda que os efeitos do stress hídrico devem ser diferentes nos países industrializados e nos países em

desenvolvimento. Primeiro porque a água nos países industrializados é intensamente reutilizada pela indústria, assim como existe o cuidado de tratar os efluentes antes dos colocar no meio receptor. Deste modo os países industrializados podem muitas vezes utilizar os seus recursos hídricos sem experimentar escassez. Em contraste, na maioria dos países em desenvolvimento, o nível de reutilização de água e tratamento de esgoto é muito inferior e por isso o uso intensivo dos recursos hídricos disponíveis pode causar uma grave deterioração da qualidade e levar à competição da água entre os utilizadores.

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento económico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, a globalidade do tema da conservação da água tem vindo a tornar-se, cada vez mais, uma questão base de programas e estudos por todo o mundo com o intuito de encontrar os problemas e criar as respectivas soluções. Alguns exemplos são apresentados nas tabelas seguintes.

**Tabela 4-1** Conferências e acções mundiais de preocupação ambiental e humana

Recomendações para controlo de qualidade da água desde 1971-2006 – World Health Organization (WHO)	Importância do controlo de qualidade da água nas práticas de reutilização de água com características microbiológicas inapropriadas, gerando graves riscos para a saúde pública
Conferência das Nações Unidas - Estocolmo (1972) Organização das Nações Unidas (ONU)	Visão global e de princípios comuns de orientação para as comunidades na preservação e na melhoria do meio ambiente
Conferência das Nações Unidas - Mar del Plata - Uruguai (1977) - World Water Council (WWC)*	1981-1990 a Década Internacional de Água Potável e Saneamento - serviços básicos para todos.
Relatório de Brutland (1987) (ONU)	Desenvolvimento Sustentável; equidade, crescimento económico e manutenção do ambiente são simultaneamente possíveis; cada país tem capacidade de alcançar o seu pleno potencial económico e reforçar recursos

\*Adaptado de: <http://www.worldwatercouncil.org/index.php?id=708>

**Tabela 4-2** Conferências e acções mundiais de preocupação ambiental e humana (Continuação)

Conferência Internacional sobre a Água e Ambiente - Dublin (1992)* (WWC)	<p>Princípio 1: a água - recurso finito e vulnerável essencial à vida, desenvolvimento e ambiente.</p> <p>P2: abordagem participativa que envolva utilizadores, planeadores, políticos.</p> <p>P3: a mulher é parte central no fornecimento, na gestão e na protecção da água</p> <p>P4: a água - valor económico e competitivo em todos os seus usos, bem económico.</p>
Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento - Rio de Janeiro 1992 - Agenda21	capítulo 18 - protecção dos recursos de água doce, numa perspectiva integrada da sua utilização e gestão procurando incentivar a reutilização de águas residuais na agricultura, o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias limpas, para um desenvolvimento sustentável
Cimeira do Milénio - Nova Iorque - Declaração do Milénio (2000)	Objectivos Do Milénio (ODM) em 25 anos - objectivo 7 sustentabilidade ambiental (integrar os princípios do desenvolvimento sustentável nas políticas e programas dos países e inverter a perda de recursos ambientais+reduzir para metade, até 2015, a proporção das pessoas sem acesso a água potável e estruturas sanitárias básicas)
Cimeira Mundial do desenvolvimento sustentável - Joanesburgo (2002)	Estabelecimento de parcerias entre países, sectores públicos e privados, reafirmando o desenvolvimento sustentável como o elemento central da agenda internacional e impulsionando a acção mundial no combate à pobreza e protecção do ambiente

\*Adaptado de: <http://www.worldwatercouncil.org/index.php?id=708>

As referidas conferências fazem parte de uma série de iniciativas que surgem como apreciação crítica do modelo de desenvolvimento adoptado pelos países industrializados e em desenvolvimento face à utilização excessiva dos recursos naturais negligenciando a cooperação dos ecossistemas.

#### 4.1.1. Ciclos Hidrológicos

O ciclo hidrológico natural representa o movimento da água na natureza em função da energia solar, produzindo a evaporação, a partir das principais massas de água, a formação de nuvens e a sua consequente precipitação sobre os continentes, também devido ao aumento do teor de humidade provocado por águas interiores e pela evapotranspiração das plantas na atmosfera. Ao atingir a superfície

terrestre, a água, escoar superficialmente, infiltra-se, evapora-se ou pode ser aproveitada pelos seres vivos (SÁ MARQUES e SOUSA, 2008).

O ciclo hidrológico é o princípio unificador referente à água no planeta, à sua disponibilidade e distribuição. A velocidade do ciclo hidrológico variou de uma era geológica para a outra, bem como o volume de águas doces e águas salgadas. As características do ciclo hidrológico não são homogêneas, daí a distribuição desigual da água no planeta (TUNDISI, 2003).

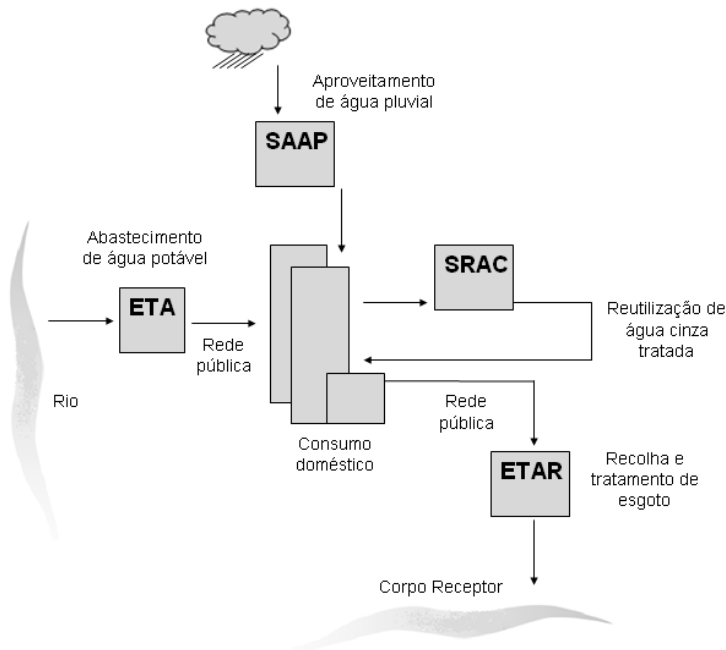
A interferência dos usos antrópicos em todo o planeta produz inúmeras alterações no ciclo hidrológico e aumenta enormemente a procura de grandes volumes de água, aumentando também os custos do tratamento, a necessidade de mais energia para distribuição de água e a pressão sobre os recursos hídricos. Em consequência geram-se sub-ciclos, no ciclo natural da água, como o conhecido ciclo urbano da água que envolve a captação, a adução, o tratamento, o armazenamento e a distribuição de água, seguindo-se a recolha das águas residuais, o tratamento e a deposição final no meio receptor. De acordo com Bazzarella (2005), o sistema urbano convencional de utilização de água considera-se imperfeito e incompleto. A água sofre alterações de propriedades nas condições naturais do ciclo hidrológico, assim como manifesta características alteradas pelas acções directas do homem. Os problemas no ciclo urbano da água estão relacionadas com o aumento das semelhanças na medíocre qualidade da água entre os efluentes descarregados e a água extraída da natureza e com as quantidades exageradas de volume de água utilizados para o transporte de resíduos, nas redes residuais, onde pequenas cargas contaminantes misturadas com elevadas quantidades de água amplificam a magnitude do problema.

Não basta encontrar-se a solução de problemas do dia-a-dia da vida do ser humano, como a higiene, é necessário fazer corresponder essas soluções à minimização do impacto ambiental, garantindo a sustentabilidade dos sistemas urbanos. A procura dessa sustentabilidade, no ciclo urbano da água, compreende a prática das mais variadas técnicas de conservação e reutilização orientadas por critérios de equilíbrio ambiental. Com este objectivo surgem diferentes formas de intervenção no ciclo urbano da água que se resumem em três processos: a minimização (utilizar a menor quantidade de água; utilizar a água de melhor qualidade nos usos que assim o exijam), a separação (evitar misturar os efluentes para simplificação de tratamento) e a reutilização (a mesma quantidade de água é utilizada várias vezes; hierarquizar



ciclos de utilização da maior para a menor exigência de qualidade de água). (GONÇALVES, 2006)

Segundo Monte e Albuquerque (2010), ao nível do ciclo hidrológico urbano existem aplicações onde a necessidade de consumo de água potável é menos exigente como os casos de combate a incêndios, construção pesada, varrimento de colectores, lavagem de pavimentos, passeios e vias, lavagem de espaços e equipamentos de apoio à construção, humedecimento do solo em obras de terra, produção de materiais de construção, fontes e espelhos de água, lavagem de equipamentos e meios de transporte, fusão de neve, entre outros. Com a aposta na aplicação em sistemas de reutilização de águas residuais tratadas e aproveitamento de água pluvial ao nível doméstico torna-se perceptível outra variante do ciclo hidrológico urbano, onde do mesmo modo, existem aplicações nas quais se pode utilizar água de qualidade inferior à água potável, como os casos de descarga do vaso sanitário, lavagem de roupa, irrigação de jardins, lavagem de carros e de pavimentos e sistemas de ar condicionado.



**Figura 4-7** Variante do ciclo hidrológico associado à conservação de água ao nível doméstico. ETA-Estação de tratamento de águas; SAAP – Sistema de aproveitamento de águas pluviais; ETAR – Estação de tratamento de águas residuais.

Com a adopção desta prática conservacionista passa a existir uma reutilização da água, com possibilidade de diminuição de custos de bombagem e de tratamento das águas residuais. De certo modo também a quantidade de descargas de água será menor, conservando-se os recursos apesar da diminuição da quantidade de água devolvida ao ciclo hidrológico. Outros aspectos a ter em conta relacionam-se com os custos de construção associados à necessidade de duplicação da rede, principalmente em casos de edifícios já existentes, e sem uma preparação base adequada para sustentar estas novas práticas.

#### **4.1.2. Distribuição do consumo de água ao nível doméstico**

O consumo de água no mundo pode ser dividido por actividade e de acordo com estudos de Shiklomanov<sup>2</sup> (1999), o sector agrícola é responsável por 84%, enquanto os valores para a actividade doméstica, indústria e reservatórios são 4%, 2% e 10%, respectivamente. Dialogue on Water Climate (DWC) (2003) refere que o nível dos requisitos para a qualidade de água é diferente para os três sectores e que o impacto da escassez de água no uso doméstico será mais crítico do que na agricultura. De acordo com o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) (2001), Portugal apresenta um consumo de 87% para o sector agrícola, 8% para o consumo doméstico, 5% para o consumo industrial. Enquanto que no Brasil, segundo Gonçalves (2006), é indicado que 56% da água é utilizada na agricultura, 21% em fins urbanos, 12% na indústria, 6% no consumo rural e 6% na dessedentação animal.

No Brasil, devido ao seu tamanho continental, torna-se difícil determinar um valor e uma distribuição do consumo per capita que corresponda à água consumida por uma população tão heterogénea e de costumes tão variados. Admite-se um valor médio de consumo brasileiro de 150 litros por dia por habitante, contudo nas regiões com maior concentração populacional, como São Paulo e Rio de Janeiro, o consumo diário per capita chega a atingir os 180 litros e supera os 200 litros, respectivamente (HAFNER, 2007). Refere-se ainda que em Florianópolis o consumo diário per capita é de 220 litros.

Em Portugal, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2005 o consumo de água per capita anual era cerca de

---

<sup>2</sup> Disponíveis em: <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>

$62\text{m}^3/(\text{hab.ano})$  ao qual correspondem aproximadamente 170 litros por dia por habitante.

Por consumo doméstico entende-se o consumo consumptivo de água associado aos usos no interior e na envolvente das habitações. Nas habitações os usos de água internos distribuem-se principalmente em actividades de limpeza e higiene, e tendem a ser proporcionais ao número de residentes, enquanto que os externos estão associados à lavagem de veículos e pavimentos, rega de jardins, enchimento de piscinas, entre outros. A componente do consumo doméstico associada ao exterior apresenta uma grande variação em termos percentuais, dependendo da tipologia da habitação, da região, do respectivo clima e da estação do ano. Estes consumos são, em geral, superiores nos meses quentes, ou seja, em períodos com disponibilidades de água mais reduzidas (PINHEIRO, 2005).

O consumo de água pode também ser considerado potável quando a água utilizada apresenta qualidade para ser bebida, para cozinhar e para lavar utensílios. Enquanto que o uso não potável está relacionado com o consumo de água aceite para outros fins que não os potáveis (MANCUSO, 2003).

Ao nível doméstico para atingir uma prática eficaz de conservação da água é necessária uma adequada caracterização dos hábitos de consumo doméstico como a distribuição do consumo de água na habitação, a qual pode ser obtida através de recolhas de dados sobre o tipo de utilização do ponto de uso, a pressão, o caudal, a frequência de utilização, o local e a região da edificação, as condições socioeconómicas do utilizador, entre outros.

Na tabela seguinte apresentam-se alguns valores dos consumos de água por equipamento sanitário, resultantes de estudos portugueses e brasileiros.

**Tabela 4-3** Distribuição de consumo doméstico por dispositivo no Brasil e em Portugal

Dispositivo	Peters et al. 2006 Brasil		Barreto 2009 Brasil		ETA 0701 2009 Portugal	PNUEA 2001 Portugal
	l/(dia.hab)	%	l/(dia.hab)	%	l/(dia.hab)	%
<b>Banheiro</b>						
Vaso sanitário	57,8	22	14	5,5	24	41
Lavatório	89,7	33	10,8	4,2		
Chuveiro			35,3	13,9		39
Banheira	-	-				
<b>Cozinha</b>						
Pia lava louça	48,7	18	30,3	12		
Máquina de lavar louça					10	2
<b>Área de Serviço</b>						
Máquina de lavar roupa			27,7	10,9		7
tanque	73,3	27	13,6	5,4		
<b>Exterior</b>						
Lavagem de pavimentos					51	
Lavagem de automóveis					50	
Outros usos			77,4	30,6		

Pela análise da tabela, é possível identificar que o banheiro é o ponto de maior consumo de água, independentemente do país onde se encontra a habitação, representando mais de metade do consumo de água nas residências. O que é reafirmado pelo PNUEA (2001), que considera os usos de água mais relevantes ao nível doméstico correspondentes a duches, banhos e descargas de vaso sanitário. Deste modo entende-se que o maior potencial de poupança nos usos domésticos consiste, por ordem decrescente de importância, na redução dos consumos da descarga do vaso sanitário e nos duches/banhos (PNUEA, 2001).

Tanto a bacia sanitária como o chuveiro são os dispositivos que apresentam maior consumo de água, justificando-se a necessidade de se investirem esforços e recursos em pesquisas sobre práticas de conservação que evitem o desperdício. Por exemplo, no caso do vaso

sanitário uma simples descarga pode gastar até 30 litros de água, dependendo da tecnologia adoptada, no caso das descargas embutidas na parede que possuem alto nível de consumo, é recomendável substituí-las por modelos com caixa acoplada.

A conservação de água, ao nível doméstico, é conseguida com a redução do consumo de água potável através da utilização do efluente de SRAC ou de SAAP, suprimindo usos de exigência de qualidade inferior principalmente na descarga do vaso sanitário, equipamento que se mostra maior consumidor de água ao nível residencial.

Nos equipamentos convencionais não há qualquer dispositivo para restringir a vazão e, assim, os equipamentos consomem grandes volumes de água, principalmente em locais de alta pressão, ou seja, nos primeiros andares dos edifícios. Já com a utilização de dispositivos economizadores, são empregados reguladores de vazão que mantêm a vazão constante independente da pressão. Esses dispositivos são componentes internos das peças e metais e, por esse motivo, muitas vezes passam despercebidos pelo usuário mesmo sendo notórios na redução do consumo (HAFNER, 2007).

#### **4.1.3. Conservação de água ao nível doméstico**

A partir do panorama apresentado nos pontos anteriores surge o conceito de conservação de água, o qual prevê o controlo da procura associado a um aumento da oferta, através da utilização de fontes alternativas de água, tais como o aproveitamento da água de chuva e a reutilização de águas cinzas tratadas (GONÇALVES 2006).

Considera-se então a reutilização ao nível doméstico como o aproveitamento das águas residuais residenciais provenientes dos usos, nas habitações, que apresentam, como águas do banho e higiene pessoal, actividades de lavandaria, para posterior utilização em descargas sanitárias, rega de jardim, lavagem de pisos e veículos e outras actividades menos nobres (ANA, FIESP & SINDUSCON, 2005).

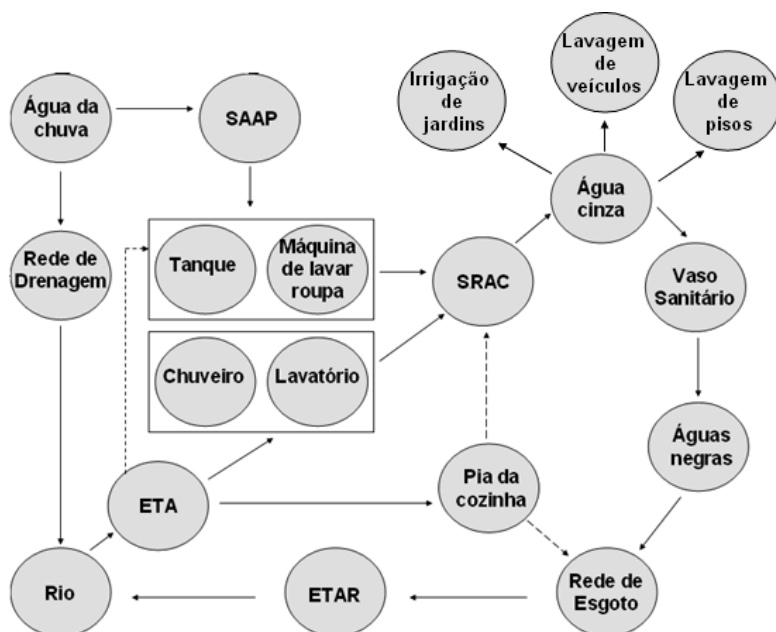
Por outras palavras, e num contexto mais abrangente, entende-se como reutilização de água o aproveitamento de água residual previamente tratada, de qualidade compatível com o uso a que se destina, de modo a conservar os recursos hídricos, a preservar o ambiente e a obter benefícios económicos. A reutilização de água apresenta múltiplas aplicações como são os casos da rega agrícola, rega paisagística, recarga de aquíferos, da utilização industrial, residencial, recreativa, de protecção ambiental, entre outras. No caso particular da

reutilização de águas cinzas<sup>3</sup> pode resultar numa economia de água potável, e menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações. Numa escala superior, resulta em preservação dos mananciais de água, por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário, que nem sempre é tratado, no meio receptor. Quanto à utilização dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, além de propiciarem a conservação do recurso, possibilitam a redução do escoamento superficial diminuindo a carga nos sistemas de colecta pluviais e diminuindo o risco de inundações. O manual *Rainwater Harvesting for Domestic Use* (2006), enuncia várias razões para apostar no aproveitamento de água da chuva como sejam, o aumento das necessidades e da procura por água, as situações de variação de disponibilidade da água, a vantagem de armazenar próximo do local de uso e ainda o nível de qualidade muito aceitável.

Em termos construtivos, o sistema é concebido de forma a segregar a água residual em águas cinzas, provenientes do uso de lavatórios, chuveiros, máquina de lavar roupa e tanques, e águas negras, águas do vaso sanitário, encaminhando-as por tubulações diferentes, para tratamento diferenciado. Ao nível do abastecimento são construídas duas linhas independentes e exclusivas: uma de água cinza tratada e/ou de água pluvial e a outra de água potável. As águas negras devem ser conduzidas à rede pública de esgoto sanitário, tratadas e lançadas no meio receptor.

---

<sup>3</sup> Ver definição no capítulo 4.8 pág. 47



**Figura 4-8** Fluxograma de um sistema de conservação de água ao nível doméstico. ETA – Estação de tratamento de água; ETAR – Estação de tratamento de águas residuais; SAAP – Sistema de aproveitamento de águas plúvias; SRAC – Sistema de reutilização de águas cinzas.

Neste esquema destaca-se a utilização de setas a tracejado nos casos em que a sua utilização pode ser ou não considerada. No caso da pia da cozinha a contribuição do efluente neste trabalho vai ser dispensada devido às razões apresentadas em 4.8.

O uso de águas de chuva tem um longo histórico no mundo inteiro sendo utilizada em muitas sociedades modernas como um valioso recurso para irrigação, para consumo potável, quando devidamente tratada, e mais recentemente para promover descargas sanitárias e lavagem de roupas. Contudo, a sua utilização está vinculada a um regime constante de chuvas, que corresponda à frequência de uso pretendido, ao contrário da água cinza, proveniente do lavatório, chuveiro e tanque/máquina de lavar roupa que é caracterizada pelo seu regime regular de fornecimento (PETERS, 2006; GONÇALVES, 2006).

#### **4.1.4. Saneamento ecológico**

O saneamento ecológico é um tipo de sistema sustentável alternativo onde se realiza a separação de águas residuais e se associa respectivamente o tipo de tratamento individual, ao ponto de se considerarem os efluentes como recursos para aproveitamento. Segundo Gonçalves (2006), o Saneamento Ecológico (ECOSAN) baseia-se em processos naturais dos ecossistemas e no ciclo fechado de aproveitamento de materiais. Acrescenta-se ainda, segundo Cohim (2007), que o conceito de eco-saneamento é baseado na separação das correntes de resíduos domésticos, num ciclo de águas e num ciclo de nutrientes e energia, conforme suas características em termos de volume, teor de nutrientes e contaminação biológica. Assim, as águas negras relacionam-se predominantemente com o ciclo dos nutrientes, enquanto que as águas cinzas e as águas de chuva devem ser integradas no ciclo das águas. A sua aplicação é entendida como componente da reutilização da água residual, da racionalização da água potável e da redução da poluição ambiental.

Apesar do objectivo principal do ECOSAN ser criar soluções para a utilização de urina e excreta de modo a evitar o uso de água potável para o transporte destes, entende-se que a reutilização de águas cinzas para o seu transporte se torna um solução vantajosa principalmente em situações onde a população não tem condições financeiras para pagar pela água e/ou onde não existe disponibilidade de água canalizada. Contudo deve ter-se em conta que a utilização deste efluente na descarga sanitária vai depender do seu grau de qualidade (PAULO, 2007).

#### **4.1.5. Saneamento descentralizado/centralizado**

Considera-se o saneamento descentralizado um sistema alternativo de tratamento de águas residuais com aplicação em situações individuais como residências unifamiliares, em casos de locais afastados entre si ou até de baixo aglomerado populacional. Este sistema torna-se uma opção à construção de colectores de comprimento economicamente inviável procurando alternativas de tratamento adequado à realidade do local.

Optar por sistemas de tratamento ao nível doméstico em detrimento de sistemas aplicados em escala urbana acaba por ser uma salvaguarda relativamente à contaminação de organismos patogénicos e



de compostos orgânicos sintéticos, uma vez que é eliminada a associação de efluentes de pólos industriais e a mistura com efluentes de outros habitantes.

Segundo Philippi et al (2007), a gestão descentralizada pode ser definida como a colecta, tratamento e disposição final/reúso dos esgotos em residências, condomínios, bairros, comunidades isoladas, indústrias ou instituições. Em termos de vantagens na aplicação de saneamento descentralizado enunciam a redução do transporte dos esgotos, com a provável eliminação de condutas elevatórias e reservatórios; a geração de grandes oportunidades de reutilização local dos efluentes e de recarga de aquíferos; a minimização de problemas ao nível de todo o sistema; desenvolvimento de potencialidades locais.

Relativamente à utilização da água da chuva, por depender de condições locais e visar o seu aproveitamento no próprio local de captação, considera-se inserida no conceito de sistemas de saneamento descentralizado, nos quais a sua gestão é compartilhada com o utilizador (GONÇALVES, 2006).

Como a maior parte dos sistemas descentralizados não fazem parte de planos de saneamento municipais a sua fiabilidade e eficiência podem estar limitadas, na medida em que não existe um controlo sobre o correcto procedimento de critérios técnicos de garantia de qualidade do efluente final (PHILIPPI et al., 2007).

Entende-se por saneamento centralizado o caso de sistemas convencionais onde se promove o tratamento de água num único local como em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de grande capacidade onde afluem grandes quantidades de efluentes residuais, gerados numa região. Este sistema torna-se vantajoso em locais de elevada densidade populacional, onde a construção e manutenção de uma única ETAR se torna preferível à construção de equipamento de transporte das águas residuais.

É interessante verificar segundo estudos de Cohim (2007) que a população aceita melhor a água reutilizada oriunda da própria casa do que a originada por outras fontes, como vizinhos e bairro.

## **4.2. Panorama geral dos recursos hídricos em Portugal**

Embora Portugal seja um país da União Europeia com elevada abundância de recursos hídricos, as condições de variabilidade climática como a seca verificada nos últimos anos e os graves incêndios que anualmente afectam o país, diminuem a disponibilidade de água,

provocando alterações no regime hídrico e, consequentemente, na recarga dos lençóis freáticos e das águas superficiais.

Estudos recentes de Santos (2002) alertam para as variações climáticas em Portugal principalmente em relação ao aumento de temperatura, à intensidade da seca nos três primeiros meses do ano e à subida do nível médio do mar, reduzindo o território nas zonas costeiras. Barreto (2006) indica mesmo que a região do Algarve é a mais propícia para o desenvolvimento de reutilização de água pois apresenta um balanço hídrico deficitário associado a um aumento no consumo de água devido ao turismo, principalmente no Verão, época mais seca do ano e ainda sustenta a rega de campos de golfe e a maior produção de citrinos.

De certo modo a distribuição territorial e temporal condiciona o aproveitamento adequado dos recursos hídricos disponíveis, obrigando a elevados investimentos em infra-estruturas hidráulicas, de captação armazenamento e transporte para as zonas mais críticas. Exemplo disso é a aposta no Programa Nacional de Barragens de Elevado Potencial Hidroeléctrico<sup>4</sup> (PNBEPH) (2007), que para além de providenciar a capacidade de armazenamento de água contribui para a diminuição da dependência energética do exterior.

Segundo o Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água (INSAAR) (2006), Portugal dispõe de uma significativa taxa de cobertura do país com serviços básicos de saneamento, representando uma produção de águas residuais tratadas ao nível de tratamento secundário e terciário de aproximadamente 70% da população portuguesa. Com a execução do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II) (2007) prevê-se que em 2013, 90% da população portuguesa disponha do serviço de tratamento de águas residuais urbanas e que 95% esteja totalmente servida de abastecimento de água público.

### **4.3. Contexto legislativo e institucional português**

O enquadramento legal da água em Portugal deriva do direito romano e do código napoleónico, como o de França, Holanda, Espanha e muitos outros países. Realça-se o Regulamento dos Serviços Hidráulicos de 1892 e a Lei da Água de 1919 sendo notório que Portugal desenvolve, ao longo dos tempos, orientações quanto à questão hídrica na sociedade.

---

<sup>4</sup> Disponível em: <http://pnbeph.inag.pt>.

Pelo Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março ficaram definidas as normas de qualidade a que as águas superficiais devem obedecer, em função dos respectivos usos.

Em 1994 o Decreto Lei n.º 45/94 de 22 de Fevereiro, que regula o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos, determinou a elaboração dos planos de bacia hidrográfica (PBH) e do Plano Nacional da Água (PNA). Estes definem orientações de valorização, protecção e gestão sustentável dos recursos hídricos com base em diagnósticos de situações actuais e na definição de objectivos a concretizar através de medidas e acções, ao nível de determinadas bacias hidrográficas nacionais.

Em 1995 com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95 foram definidas algumas regras relativas a sistemas alternativos de abastecimento de água para uso doméstico, nomeadamente o art.º 82 que refere que os sistemas prediais alimentados pela rede publica devem ser independentes de qualquer sistema com outra origem e o art.º 86 sobre a utilização de água não potável, explicitando que a entidade gestora do serviço de distribuição pode autorizar a utilização de água não potável exclusivamente para lavagem de pavimentos, rega, combate a incêndios e fins industriais não alimentares, desde que salvaguardadas as condições de defesa da saúde pública.

No ano de 1997 é criado o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) actualmente, a partir de 2009, chamado de Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Trata-se da autoridade competente para a qualidade da água para consumo humano, tendo por objectivo assegurar uma adequada protecção dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos, evitando possíveis abusos decorrentes dos direitos de exclusivo, por um lado, no que se refere à garantia e ao controlo da qualidade dos serviços públicos prestados e, por outro, no que respeita à supervisão e ao controlo dos preços praticados, que se revela essencial por se estar perante situações de monopólio natural ou legal.<sup>5</sup>

Neste mesmo ano entrou em vigor o Decreto-Lei n.º 152/97 que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho de Maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas, definindo parâmetros de descarga de efluentes tratados no meio receptor, além de uma lista de identificação de zonas sensíveis e menos

---

<sup>5</sup> Evolução histórica ERSAR disponível em: <http://www.ersar.pt/website/>

sensíveis, que deve ser revista de quatro em quatro anos, segundo propostas do Instituto da Água (INAG). A última revisão entrou em vigor em 2004, segundo o Decreto-Lei n.º 149/2004 de 22 de Junho. No referido Decreto-Lei n.º 152/97, no art. 11º ficou definido o princípio da reutilização da água, o qual refere que as águas residuais tratadas, bem como as lamas, devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado.

Em 1998, o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 Agosto regulamenta a qualidade da água destinada ao consumo humano com o objectivo de melhorar a qualidade da água de acordo com os usos a que se destina assim como do ecossistema, revogando o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de Março. Este diploma legal surge com o intuito de fomentar a gestão integrada dos recursos hídricos, de preservar o ambiente e ainda apresentar bases orientáveis para as entidades responsáveis pela qualidade das águas definindo critérios de verificação de conformidade da qualidade da água, através de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos.

Em 2000, entrou em vigor a Directiva Quadro da Água (DQA) da EU (Directiva 2000/60), a qual representa um avanço significativo na política europeia, introduzindo o conceito de estado ecológico e de gestão da água ao nível da bacia hidrográfica. Com esta directiva pretende-se, até 2015, atingir a adequada qualidade de todas as águas europeias assim como garantir a sua utilização de forma sustentável. Em resumo, estabelece-se que todas as partes envolvidas numa determinada bacia hidrográfica desenvolvam uma cooperação estreita com vista à gestão conjunta das suas águas.

No ano de 2002, foram aprovados os Planos de Bacia Hidrográfica e o Plano Nacional da Água (PNA) o qual previu um novo modelo para a administração dos recursos hídricos em Portugal de acordo com a DQA. Actualmente, até final de 2010, está a decorrer a primeira revisão do PNA.

Entre 2000 e 2006 seguiu-se o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), com o apoio dos fundos do Quadro Referência Estratégico Nacional (QREN), muito importante na estruturação do sector de abastecimento de água e de saneamento de Portugal. Uma vez que o PEAASAR I ficou aquém de atingir os objectivos esperados, principalmente ao nível dos sistemas municipais em “baixa”, surge o PEAASAR II (2007-2013) onde se consideram como grandes objectivos estratégicos dar continuidade e qualidade ao serviço prestado até aqui, ou seja, garantir a sustentabilidade dos sectores da água e proteger os

valores ambientais. Com este plano pretende-se, como já foi referido, através da aplicação das suas acções e medidas que 95% da população do país tenha acesso a abastecimento de água pública, 90% seja servida por sistemas públicos de saneamento, garantir um tarifário equilibrado para a recuperação dos custos incorridos dos serviços, contribuir para o desenvolvimento da economia empresarial e cumprir os objectivos de protecção ambiental e de saúde pública.

No ano 2005 surge o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), aprovado em Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005, de 30 de Junho. Este programa assenta nas linhas orientadoras do PNA e tem como objectivo promover o uso eficiente da água em Portugal, ao nível dos vários sectores, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos. Além disso pretende orientar a actuação das entidades públicas e privadas exigindo um compromisso de utilização eficiente dos recursos hídricos no dia a dia e em particular em períodos de escassez de água. Segundo Rossa (2006), o PNUEA aborda exclusivamente o problema do uso eficiente considerando apenas os usos consumptivos.

Em 2005 a DQA foi transposta para a ordem jurídica portuguesa através da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro conhecida como “Lei da Água” estabelecendo-se assim as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas em Portugal.

Em 2008 foi publicada a legislação que regulamenta o novo regime económico e financeiro dos recursos hídricos, o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho, que veio unificar a aplicação de um importante instrumento económico à gestão dos recursos, introduzindo um factor indutor de uso eficiente e de sustentabilidade. Durante o primeiro trimestre de 2009 foi já aplicada a taxa de recursos hídricos às diversas utilizações capazes de causar impactes ambientais significativos (ENDS, 2008).

Portugal dispõe ainda da norma NP 4434:2005 relativa à reutilização de águas residuais tratadas para rega agrícola. Esta norma estabelece requisitos de qualidade das águas residuais tratadas e descreve critérios de selecção de processos de rega e equipamentos. Além disso ainda define procedimentos para protecção e monitorização a nível ambiental. À semelhança de outros países criou-se em Portugal, em 2009, uma Especificação Técnica para assegurar a qualidade dos sistemas de aproveitamento de água pluvial nas coberturas de edifícios, para fins não potáveis, estabelecendo critérios técnicos de execução destes sistemas a ETA 0701:2009. Esta Especificação Técnica é de

cumprimento voluntário, pois foi criada pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) que é uma Organização Não Governamental (ONG).

No início de 2010 foi lançado o guia técnico Reutilização de Águas Residuais de Monte e Albuquerque (2010) que se apresenta como o primeiro documento português que recomenda, em quadro resumo, parâmetros de qualidade para reutilização de águas tratadas para consumo não potável em Portugal.

Segundo Rossa, (2006) prevê-se que a curto/médio prazo a lei Portuguesa seja revista com o objectivo de melhor gerir o recurso da água quanto a sistemas alternativos ao abastecimento de água potável.

**Tabela 4-4** Documentação portuguesa referente a parâmetros de qualidade dos recursos hídricos

<b>Consumo Potável</b>	Decreto-Lei n.º236/98 de 1 Agosto
<b>Descarga no meio receptor</b>	Decreto-Lei n.º149/2004 de 22 de Junho.
<b>Águas Balneares</b>	Decreto-Lei n.º236/98 de 1 Agosto
<b>Reutilização</b>	NP 4434:2005 e o Guia técnico de reutilização de água (2010)
<b>Aproveitamento de água da chuva</b>	ETA 0701:2009 (ANQIP)

#### **4.4. Panorama geral dos recursos hídricos no Brasil**

O Brasil apresenta uma posição privilegiada perante a maioria dos países quanto ao seu volume de recursos hídricos, pois aproximadamente 12% da água doce do mundo encontra-se no seu território. Contudo, devido à sua grande extensão territorial, diversidade climática e à maior densidade populacional não coincidir com as áreas com maior disponibilidade de água, existem situações de escassez tanto em quantidade como qualidade. Nas regiões áridas e semi-áridas, que representam cerca de 12% da área do Brasil, a água tornou-se um factor limitador do desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Estas regiões são caracterizadas por reservas insuficientes de água, temperaturas elevadas durante todo o ano (baixas amplitudes térmicas) e forte insolação. Os totais pluviométricos, irregulares e inferiores a 900 mm/ano, são normalmente superados por elevados índices de

evapotranspiração, resultando em taxas negativas no balanço hídrico.(GONÇALVES, 2006)

Outro facto problemático relaciona-se com 68% do volume de água doce disponível no país se encontrar na bacia Amazónica, que é habitada por menos de 5% da população.

No caso dos territórios do Sul do Brasil, apesar destes se situarem sobre o aquífero de Guarani, uma das maiores reservas subterrâneas de água doce do mundo, e de apresentarem uma considerável disponibilidade hídrica, segundo a Agência Nacional da Água (ANA) (2009), são observadas disputas pelas fontes de água, em função do seu uso para irrigação, assim como conflitos em termos de qualidade devido ao lançamento de efluentes urbanos, industriais e agrícolas (suinicultura e avicultura).

Quanto aos centros urbanos, através de ANA (2009), foi levado a cabo a estratégia para o desenvolvimento nacional ao criar-se um estudo diferenciado ao nível das regiões metropolitanas relativamente aos recursos hídricos disponíveis. As características destas cidades prendem-se com a elevada densidade populacional, pela evidente actividade económica e de produção, justificando, por si só a necessidade de garantia do abastecimento a todos os níveis. Um desses exemplos é a bacia do Alto Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, apresentando pela sua condição característica de nascente, a montante, vazões insuficientes para a procura da Região Metropolitana de São Paulo (HESPANHOL, 2002).

De acordo com o diagnóstico realizado pela ANA (2009)<sup>6</sup>, para um total de 2963 municípios brasileiros estudados ao nível das disponibilidades hídricas e capacidade do sistema de abastecimento obteve-se uma previsão de 509,8 m<sup>3</sup>/s de procura de água em 2015, sendo que 1443 municípios requerem investimentos para adequação do sistema, que vão desde simples ampliações do abastecimento até complexos projectos de criação de sistemas integrados, enquanto que em 397 municípios será mesmo necessário o investimento em novos sistemas de produção de água.

O Brasil regista também elevado desperdício pois entre 20% e 60% da água tratada para consumo é perdida na distribuição, devido principalmente às condições de conservação das redes. Além dessa perda no caminho até o consumidor, o desperdício acontece no exagero

---

<sup>6</sup> Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Diagnostico.aspx>

do tempo e na forma do banho, na utilização de descargas do vaso sanitário que consomem muita água, na lavagem da louça, uso da mangueira de água como vassoura na lavagem de calçadas e carros, entre outros.

Em termos de serviços básicos de saneamento a tabela seguinte apresenta dados de cobertura a nível distrital e de tipo de serviço efectuado, sendo notória a reduzida abrangência ao nível da rede colectora de esgoto.

**Tabela 4-5** Percentagem de distritos brasileiros capacitados de determinado tipo de serviço de saneamento básico

<b>Tipo de Serviço</b>	<b>Distritos brasileiros com serviço de saneamento básico</b>
<b>Rede geral de distribuição de água</b>	93.5%
<b>Rede colectora de esgoto</b>	44.2%
<b>Drenagem urbana</b>	62.2%

**Fonte:** IBGE, Directoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2000)<sup>7</sup>.

A partir da mesma fonte, verificou-se que num total de 4097 distritos, onde 44.2% servidos com redes colectoras de esgotos sanitários, apenas 33.8% efectuam tratamento do efluente antes do lançamento no receptor (IBGE, 2000).

Segundo FUNASA (2006), cerca de 90% da população urbana brasileira tem acesso a água potável e 60% a redes colectoras de esgotos. O déficite localiza-se nas populações mais pobres, favelas, periferias das cidades, zonas rurais ou do interior.

Segundo Paulo (2007) embora a quantidade de água não seja um problema no Brasil, a qualidade é, considerando o volume de esgoto que é descartado diariamente tanto nos cursos de água como infiltrado nos solos.

#### **4.5. Contexto legislativo e institucional brasileiro**

No Brasil em 1934 foi estabelecido o Decreto Federal n.º 24.643 de 10 de Julho, chamado “Código de Águas”, por ser

<sup>7</sup> Disponível em:

[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/abastecimento\\_de\\_agua/abagua01.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/abastecimento_de_agua/abagua01.shtm)



considerado necessário permitir ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas, assim como, do mesmo modo se considerou a necessidade de exigir medidas que facilitassem e garantissem o aproveitamento racional da energia hidráulica. O artigo 8º refere mesmo que são particulares as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando as mesmas não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou as águas comuns. Contudo, em 1988 com a promulgação da Constituição Federal surge uma nova abordagem para a água, considerando esta como bem finito acabando com a propriedade exclusiva sobre os cursos de água.

No ano de 1981 com a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei n.º 6.938 de 31 de Agosto, definiram-se princípios de incentivo para pesquisas e estudos para o uso e protecção dos recursos ambientais e de reutilização de água.

Desde 1986 que existem padrões regulamentares para o lançamento de águas residuais em corpos de água através da nomeada Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)<sup>8</sup> n.º 20 de 18 de Julho de 1986, do Ministério do Meio Ambiente.

Em 1997, com a necessidade de implementação de um sistema de gestão das águas e como meio de regulamento do inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, onde se indica que compete à União “instituir o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direito de uso”, foi declarada a Lei n.º 9.433/97, de 8 de Janeiro, conhecida com “Lei das Águas”. Com efeito foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que objectiva a melhoria das disponibilidades hídricas em qualidade e quantidade, a redução dos conflitos reais e potenciais de uso da água, assim como dos eventos hidrológicos críticos e a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante. Pela mesma razão foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) o qual tem como órgão máximo o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) que actua por meio de moções e resoluções, sendo considerado o principal fórum brasileiro de discussão sobre a gestão de recursos hídricos.

Em 2000, é lançada a Resolução CONAMA n.º 274, de 29 de Novembro definindo condições de balneabilidade através da classificação, em termos de qualidade, dos diferentes corpos de água com base na avaliação de parâmetros e indicadores adequados.

---

<sup>8</sup> <http://www.mma.gov.br/conama/>

Mais recentemente, em 2004, o Ministério da Saúde, com a Portaria n.º 518, de 25 de Março revoga a Portaria n.º 1469/2000, deliberando a responsabilidade às entidades que controlam e vigiam sistemas de abastecimento de água relativamente à qualidade e potabilidade da água para consumo humano.

Em 2005, a Resolução n.º 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 17 de Março revogou a Portaria n.º 20 de 18 de Julho de 1986, reclassificando os corpos de água e definindo novos padrões de lançamento de efluentes, tornando alguns destes menos restritivos. A Resolução controla actividades industriais potencialmente poluidoras e prevê, com base na Lei de Crimes Ambientais (n.º 9605), pena de prisão para os administradores de empresas e responsáveis técnicos que não observarem os padrões das cargas poluidoras. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e directrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

No mesmo ano, 2005, surge o Projecto de Lei n.º 5296/2005 que institui as directrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Básico, incentivando no art. 8º e no art. 10º o reúso de água residual e o aproveitamento de águas pluviais, respectivamente.

Deste modo, em 28 de Novembro de 2005 é aprovada a Resolução n.º 54 pelo Ministério do Meio Ambiente em CNRH, estabelecendo, principalmente, directrizes e critérios para a prática de reutilização directa de água não potável.

Refere-se ainda, que o Brasil instituiu com base nos ODM 2005-2015 a “Década Brasileira da Água”, através da recomendação do CNRH por meio de Decreto Presidencial, de 22 de Março de 2005, com o objectivo de promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projectos relativos à gestão, administração e uso sustentável da água, em todos os níveis, assim como assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades com vista a alcançar os objectivos da PNRH, ou de convenções, acordos e resoluções, assinados pelo Brasil.

Também em 2005, a Agência Nacional da Água (ANA), referência na gestão e regulação dos recursos hídricos promovendo o uso sustentável da água, em associação com a Federação das Indústrias de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo (SindusCon-SP), publicaram o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, indicando padrões de reutilização de águas por classes de tipo de uso, em termos de

exigências mínimas para a qualidade da água não potável em actividades realizadas ao nível de doméstico, além de indicar as condições ideais para construção de edificações que utilizem água de forma racional, orientando os técnicos interessados.

Em 2007, foi aprovada a Lei n.º 11.445, de 5 de Janeiro de 2007 que estabelece directrizes nacionais e políticas federais para o saneamento básico. Especificamente, com o art. 49º incita-se a utilização de alternativas diferenciadas para a prestação de serviços de saneamento ao prever: o incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico, a promoção de alternativas de gestão que viabilizem a auto-sustentação económica e financeira dos serviços e a utilização de tecnologias apropriadas.

Quanto a normas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe a NBR 9800:1987 que apresenta critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema colector público de esgoto sanitário, a NBR 9897:1987 sobre o planeamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, a NBR 9896:1993 referente à poluição das águas. Existe ainda a NBR 13969:1997 que define classificações e valores de parâmetros para esgotos de acordo com o tipo de reutilização, assim como indica métodos para projecto, construção e operação de unidades de tratamento e disposição final dos efluentes. Esta norma, no ponto 5.6.4. refere que, em situações de sistemas distintos de armazenamento e distribuição, o grau de tratamento do esgoto deve ser progressivo de acordo com o volume estimado para o uso em causa. Exemplificando ser desnecessário tratar até ao máximo grau todo o volume de água destinado a um uso de menor exigência, isto é, só uma parte do volume de água deve ser submetido a tratamento, de modo a reduzirem-se os custos de construção e operação. No mesmo ponto, a norma refere ainda que nos casos de reutilização menos exigente, como por exemplo descarga sanitária, pode prever-se o uso de água de máquinas de lavar, sujeitando estas apenas a desinfecção, reutilizando-as em vez de as enviar para o esgoto tradicional para posterior tratamento. Deste modo a norma incentiva a prática da segregação de efluentes domésticos.

Segundo Bazzarella (2005) e de acordo com o documento da Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará (ARSPDE, 2004), verificou-se que alguns estados e municípios brasileiros instituíram legislações específicas para incentivar a população para as práticas de uso eficiente e de conservação de água. Como exemplo, tem-se a Lei Nº 3.429/1999 do Município de Itajaí que instituiu a Semana da Água, e que foi aposta noutros Municípios. Nos

anos seguintes, com a maior percepção do problema e a necessidade de criação de soluções surgiram outras leis como a Lei N.º 13.276/2002 de São Paulo que torna obrigatória a execução de reservatórios para as águas colectadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> com o objectivo de controlar cheias e de conservar a água. Ou ainda, o caso de Curitiba, onde foi implementado, com a Lei N.º 10.785/2003, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações (PURA) com o objectivo de instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como consciencializar os usuários sobre a importância da conservação da água.

A maior parte destas leis mencionam como estratégias de conservação tanto a reutilização de águas residuais como o aproveitamento das águas pluviais.

Desde 2007 existe a norma ABNT NBR 15527:2007 que apresenta as directrizes para o aproveitamento de água da chuva e inclusivamente sugere parâmetros de verificação da qualidade da água. O mesmo não acontece com a reutilização de águas residuais.

Em seguida, faz-se referência ao elevado número de programas relacionados com pesquisas e estudos sobre os recursos hídricos ao nível da conservação, utilização eficiente e saneamento básico, sendo a maior parte desenvolvidos em parcerias entre Universidades, empresas e o governo.

Apresenta-se, então o Programa de Uso Racional de Água (PURA), que se trata de uma política de incentivo e consciencialização da população, adoptada pela empresa Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) desde 1995. Este programa tem como principal objectivo garantir o abastecimento de água e a qualidade de vida das comunidades através de acções de modificação de hábitos contraproducentes do dia-a-dia da vida dos cidadãos, da implementação de leis, regulamentos e normas, de incentivo de utilização de equipamentos economizadores de água, assim como de aposta na divulgação desta problemática em escolas, hospitais e indústrias.

O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), iniciado em Julho de 2003, trata-se de um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semi-Árido, através do apoio à sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. Com o P1MC pretende-se beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em

toda região semi-árida, com água potável, através da construção de cisternas de armazenamento de água de chuva com uma capacidade para 16 mil litros.

No caso do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) estabelecido em 1996 pela Financiadora de Estudos e Projectos (FINEP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Caixa Econômica Federal tem como principal finalidade o desenvolvimento de soluções para os problemas de populações desfavorecidas ao nível da água para abastecimento, do tratamento de esgoto sanitário, da gestão de resíduos sólidos e da gestão de lodos do saneamento. Em 2004 este programa alcançou um grau de pesquisa de contribuição para o desenvolvimento científico e tecnológico ao nível de conservação de água em todo o Brasil. Refere-se ainda que em 2009 este programa foi “extinto”, ou substituído pelo programa HABITARE.

E por último refere-se o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), instituído em 1997, com o objectivo de promover o uso racional da água de abastecimento público, o saneamento ambiental e a eficiência dos serviços, através da implementação e definição de instrumentos tecnológicos, normativos, económicos e institucionais. Este projecto surgiu de uma articulação institucional entre o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, o Ministério das Minas e Energia e o Ministério do Planejamento e Orçamento.

**Tabela 4-6** Documentação brasileira referente a parâmetros de qualidade dos recursos hídricos

<b>Consumo Potável</b>	Portaria n.º 518 de 25 de Março de 2004 do MS
<b>Descarga no meio receptor</b>	CONAMA n.º 357 de 17 de Março de 2005
<b>Águas Balneares</b>	CONAMA n.º 274 de 29 de Novembro de 2000
<b>Reutilização</b>	ABNT NBR 13969:1997 e o manual ANA, FIESP & SINDUSCON (2005)
<b>Aproveitamento água da chuva</b>	ABNT NBR 15527:2007

#### **4.6. Categorias estratégicas de conservação de água ao nível doméstico**

Segundo Gonçalves (2009) como categorias estratégicas de conservação de água em edificações considera-se: o uso eficiente das águas, o aproveitamento de fontes alternativas, o desenvolvimento e adequação tecnológica, a gestão das águas nas edificações e o desenvolvimento do comportamento conservacionista.

A principal categoria estratégica, a desenvolver neste trabalho, corresponde ao aproveitamento de fontes alternativas de água, em particular os sistemas de conservação de água de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais, ao nível doméstico. Com a existência de fontes alternativas o consumo de água potável em todos os usos pode muitas vezes ser substituído pela utilização de água de qualidade menos exigente, conforme as disponibilidades da residência e a qualidade do efluente tratado.

Não desprezando as outras categorias, entende-se pela estratégia de uso eficiente das águas o consumo da menor quantidade de água possível, com a qualidade de água exigida. Em termos práticos, consideram-se exemplos de medidas a utilização de aparelhos sanitários de baixo consumo, a substituição de peças, a colocação de arejadores nas torneiras ou de válvulas redutoras de pressão em tubulações, entre outras.

Quanto à estratégia de desenvolvimento e adequação tecnológica esta engloba principalmente a promoção de programas de pesquisa e desenvolvimento sobre a conservação da água, ao nível da criação, estudo e revisão de produtos, de sistemas de tratamento, de práticas do utilizador, de normas, especificações, entre outros.

Relativamente à estratégia do desenvolvimento do comportamento conservacionista, esta engloba medidas de actuação ao nível do carácter cultural e de hábitos de vida das pessoas no meio de acção, através da aposta em formações e adestramento. A aceitação e a prática da conservação da água por parte de cada indivíduo estão relacionadas com a sua resistência a estímulos por exemplo, de natureza financeira ou simplesmente e principalmente de valorização ambiental com vista a benefício próprio ou da comunidade em geral.

Por último aborda-se ainda a estratégia de gestão das águas nas edificações, a qual se caracteriza pela implementação de medidas de combate a situações de perdas, desperdícios de água em tubulações ou em aparelhos hidráulico-sanitários, reservatórios, ou relativas ao

funcionamento inadequado de equipamentos, sendo a verificação sistemática ou o controlo dessas ocorrências a medida a tomar mais indicada.

#### **4.7. Sistemas de conservação de água ao nível doméstico**

Com a consciencialização do problema da escassez da água e da procura de economia do seu consumo desenvolveram-se os sistemas de conservação de água ao nível doméstico, em particular os sistemas em estudo, de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento das águas pluviais. Estes sistemas têm como objectivos principais garantir a qualidade da água, a eficiência do sistema e o suporte na gestão sustentável de recursos hídricos. Globalmente só se considera que um sistema de conservação de água é eficiente quando todos os requisitos, em termos de objectivos, apresentarem níveis de satisfação simultânea, ou seja sem prevalência de uns sobre os outros.

##### **4.7.1. Qualidade na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico**

A qualidade nos sistemas em estudo é entendida como o objectivo principal, em termos de resultado, da aplicação de determinada tecnologia de tratamento em relação ao efluente final capaz de produzir e de cumprir os parâmetros de qualidade. Por outras palavras, a qualidade, na utilização de sistemas de conservação, está directamente relacionada com as características finais do efluente tratado, ou seja é dependente da eficiência da tecnologia de tratamento e do cumprimento de parâmetros de qualidade. O objectivo de qualidade está intrinsecamente relacionado com a capacidade das tecnologias de tratamento em originarem a melhor mas principalmente a adequada qualidade do efluente relativamente ao fim a que se destina. Sendo esta a razão pela qual se considera pertinente abordar, em 4.10, com algum pormenor, as tecnologias de tratamento que mais se viram estudadas ao longo da pesquisa deste trabalho.

Relativamente aos sistemas de reutilização de águas cinzas entende-se que a pouca aceitação e aplicação por parte da sociedade, principalmente onde é imperceptível em termos físicos o problema de escassez dos recursos hídricos, está relacionada com dúvidas sobre a qualidade e risco de exposição.

Compreende-se assim que é obrigatório clarificar, perante a sociedade, os potenciais destes sistemas quanto à verificação de parâmetros de qualidade, sendo para tal necessário uma correcta definição dos mesmos, principalmente através de instrumentos legais/normativos. Por este motivo apresenta-se em 4.11 o panorama geral, tanto brasileiro como português, sobre os parâmetros de verificação de qualidade destas águas.

#### **4.7.2. Eficiência na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico**

Quanto à eficiência do sistema, caracteriza-se pela capacidade de satisfazer a necessidade de água através de uma oferta racional e de qualidade, exequível com o uso a que se destina. O mesmo significa que a eficiência está relacionada tanto com a qualidade como com a quantidade do efluente tratado.

Gonçalves (2006) entende que o uso racional e eficiente da água tem como objectivo o controlo da procura, através da redução do consumo, preservando a quantidade e a qualidade da água para as diferentes actividades consumidoras.

Por outro lado, o mais importante e necessário é que os sistemas sejam bem elaborados e executados de forma prática e simples para que o seu funcionamento ocorra de forma eficiente.

A verificação da eficiência da tecnologia aplicada é realizada através, por exemplo, de indicadores de avaliação de desempenho, do controlo de perdas de água do sistema, da qualidade do tratamento efectuado, do consumo de energia, dos impactes ambientais associados, da viabilidade e rentabilidade económica, da relação entre a oferta e a procura da água, etc.

PNUEA (2001) adopta a seguinte equação para a determinação da eficiência de utilização da água:

$$\text{Eficiência de utilização da água} = \frac{\text{consumo útil}}{\text{procura efectiva}} \times 100$$

Considera a eficiência de utilização da água uma medida de utilização optimizada do volume de água captada da natureza para a produção, com eficácia do serviço desejado. Definindo consumo útil o consumo mínimo necessário num determinado sector para garantir a eficácia da utilização. Por procura efectiva entende-se o volume efectivamente



utilizado, pretendendo-se que seja igual ou superior ao consumo útil. A partir desta expressão entende-se que quanto mais próximo estiver a procura efectiva do consumo útil, mais próximo se está da óptima eficiência de utilização da água.

#### **4.7.3. Gestão sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água ao nível doméstico**

Faz-se referência ao facto de se tornar preferível considerar antes gestão integrada e sustentável de recursos hídricos pelo simples motivo de ser indispensável responder aos requisitos, íntegros e aceitáveis, das partes interessadas quando se está perante acções de conservação.

A água, actualmente, é mencionada como um recurso finito, essencial para a vida humana e dos ecossistemas e para o crescimento económico da sociedade, contudo sujeito aos efeitos das pressões antrópicas. Entende-se, então, por gestão integrada e sustentável de recursos hídricos a orientação administrativa, estratégica e objectiva na procura da utilização eficiente do recurso água como forma de resposta às necessidades, qualitativas e quantitativas, de todas as partes interessadas, sem por em causa o equilíbrio ambiental.

No caso de sistemas de reutilização de águas cinzas estes contribuem com uma menor quantidade de água residual lançada nos sistemas de saneamento. Quanto ao aproveitamento de águas pluviais a vantagem, para além da utilização ao nível doméstico, é também ser solução em casos de enchentes. Em termos gerais a aplicação destes sistemas permite seguir uma gestão que correlacione a qualidade com a exigência do uso, contribuindo para um menor volume de captação de recursos hídricos. Acima de tudo, os sistemas em estudo são vistos como estratégias de acção da gestão integrada e sustentável de recursos hídricos, enquanto a sua aplicação demonstrar trazer vantagens ambientais e consequentemente também para vida da sociedade.

#### **4.8. Sistemas de reutilização de águas cinzas ao nível doméstico**

A reutilização de águas cinzas tratadas em escala residencial é considerada como uma tecnologia conservacionista, reduzindo o consumo de água potável, e ainda acrescentando uma dimensão económica ao planeamento dos recursos hídricos, melhorando as

questões de saúde pública, tratando-se de um efluente que deixa de ser um contaminante de solos e corpos de água (MAGRI et al., 2008).

A água cinza é uma água residual que se caracteriza por não englobar a contribuição do efluente do vaso sanitário, considerando contudo os efluentes provenientes do lavatório, chuveiro, banheira, máquina e tanque de lavar roupa, podendo ou não englobar o efluente da pia lava-louça. Segundo o manual de ANA;FIESP;SindusCon-SP (2005), o motivo desta controvérsia está na possível elevada concentração de matéria orgânica, óleos e gorduras característica deste efluente, contribuindo de certo modo para a necessidade de efectuar um tratamento mais específico. (BAZZARELLA, 2005; GONÇALVES, 2010)

Cohim et al. (2007), Birks e Hills (2007) ressaltam que as águas cinzas, quando comparadas ao esgoto doméstico convencional, apresentam uma baixa concentração de nutrientes e a matéria orgânica de fácil degradação, o que sugere tratamentos destinos e fins diferenciados. Paulo (2007), através de pesquisas recentes indica que o crescimento de bactérias entéricas, como os indicadores fecais, é favorecido nas águas cinzas por essa matéria orgânica ser facilmente degradável.

Segundo Magri et al. (2008), Monte e Albuquerque (2010), a compreensão e caracterização das fontes contaminantes é importante na identificação da heterogeneidade das características das águas cinzas. As características deste tipo de água variam consoante o local da residência, o número de ocupantes, as actividades geradoras dos efluentes, o estilo de vida e cultura dos utilizadores, a faixa etária, a classe social, os tipos de dispositivos utilizados, a água de abastecimento, o tipo de rede de abastecimento e de saneamento.

As características qualitativas da água cinza podem ser divididas em químicas, físicas e microbiológicas.

Em termos de características físicas os parâmetros mais relevantes são a turbidez<sup>9</sup> e o conteúdo de sólidos suspensos totais, principalmente por conferirem um aspecto desagradável e ainda providenciarem suporte para os microrganismos.

Segundo Magri et al. (2008), níveis elevados de turbidez, cor aparente e cor verdadeira culminam em concentrações elevadas de sólidos dissolvidos implicando a necessidade de sistemas de tratamento mais eficientes na reutilização do efluente em causa. Bazzarella (2005), por sua vez indica que através do conteúdo de partículas coloidais é

---

<sup>9</sup> Em português de Portugal: turvação

possível obter-se informação ao nível do risco de entupimento das tubulações.

Outros parâmetros físicos que caracterizam as águas cinzas são os parâmetros temperatura, cor, pH, alcalinidade e a dureza.

O pH da água cinza depende principalmente do pH da água de abastecimento, contudo pode tender a aumentar quando são utilizados produtos químicos como os detergentes. No caso da alcalinidade, ao nível da sua redução principalmente em tratamentos anaeróbios é necessário ter atenção às alterações do comportamento dos microrganismos depuradores de matéria orgânica. Em termos de dureza se esta for muito elevada, para uma adequada eficiência dos detergentes têm de ser utilizados em maiores quantidades, podendo precipitar nas tubulações em situações de temperaturas elevadas (GONÇALVES, 2006).

Quanto às características químicas avaliam-se os parâmetros referentes aos compostos orgânicos e inorgânicos, a demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e a demanda química de oxigénio (DQO), os compostos de nitrogénio, de fósforo e de enxofre.

A maior parte da DQO é proveniente de produtos químicos utilizados nas residências.

Os valores de DBO, provenientes da matéria orgânica, são esperados em menor quantidade do que ao nível do esgoto doméstico tradicional.

Nas águas cinzas os compostos nitrogenados são encontrados em menor quantidade, do que no tradicional esgoto sanitário, uma vez que é na urina onde estão mais presentes, assim como nos alimentos com influência no efluente da pia lava-louça.

Os compostos de fósforo são parte constituinte das águas cinzas em níveis consideráveis nos casos de residências em que se utilizam detergentes e sabões com fosfatos.

Relativamente aos compostos de enxofre, provenientes principalmente de sabões e detergentes, que se encontram como iões sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), em presença de matéria orgânica e em condições anaeróbias por acção bacteriológica são reduzidos a sulfetos<sup>10</sup>, tornando-se sulfeto de hidrogénio ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Segundo Bazzarela (2005), quando observados acima de 1mg/L geram maus odores. Em função destas características, quando se utilizam águas cinzas mais concentradas, é indicada a utilização de unidade de tratamento biológico combinado, um pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema aeróbio, associados a

---

<sup>10</sup> Em português de Portugal: sulfuretos

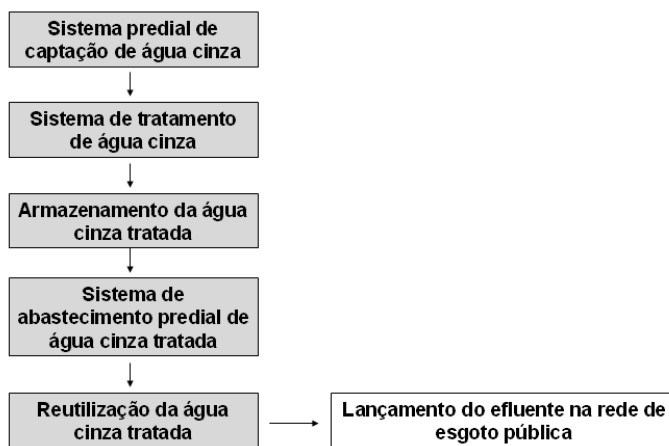
unidades de armazenamento com tempos de retenção hidráulica reduzidos (MAGRI et al, 2008).

Quanto às características microbiológicas os microrganismos patogénicos são também encontrados nas águas cinzas, apesar de não existir contribuição do efluente do vaso sanitário. A sua presença deve-se à lavagem de mãos, roupa, utensílios, o próprio banho entre outros.

Birks e Hills (2007) através dos seus estudos concluem que nos casos de reutilização de águas cinzas os altos níveis de microrganismos e DBO necessitam de tratamento biológico para reduzir a contaminação.

A composição da água cinza está também directamente relacionada com o volume de água que é consumido. Quando este volume é baixo, a concentração de compostos orgânicos e inorgânicos da água cinza é alta, semelhante ao que ocorre com esgoto convencional, e por outro lado, quando o consumo de água é maior, o volume de água cinza também é maior proporcionando uma maior diluição das concentrações dos poluentes.

Em seguida apresenta-se um esquema de reutilização de águas cinzas.



**Figura 4-9** Fluxograma de um sistema de reutilização de águas cinzas

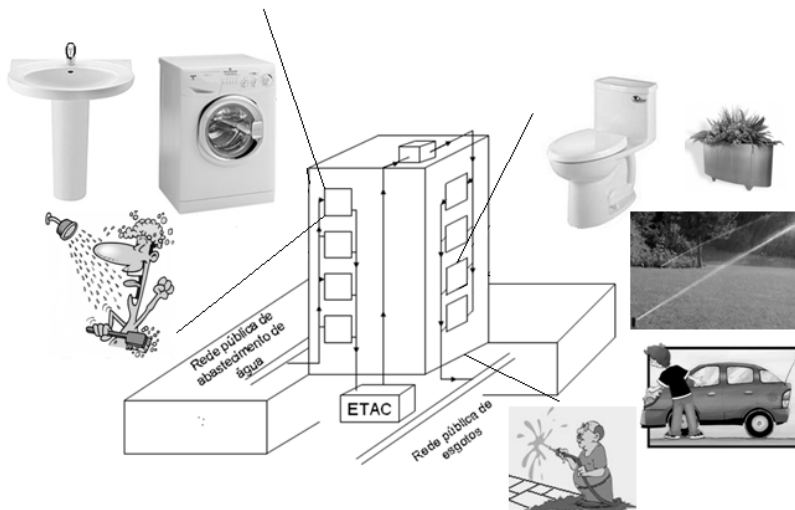
Em termos quantitativos a utilização de águas cinzas tratadas geralmente não comporta riscos de falta de água reutilizada para usos não potáveis nas edificações, pois enquanto houver pessoas a utilizar as unidades hidro-sanitárias, haverá produção de águas cinzas. Pode haver uma diferença temporal entre a necessidade de consumo e a oferta, o

que implica a implantação de um reservatório de armazenamento de água reutilizada na edificação (GONÇALVES, 2006).

Segundo Bazzarella (2005) estudos efectuados de análise quantitativa de volumes de águas cinzas produzidas verificaram que a dinâmica da produção e consequente reutilização dessas águas nem sempre é a ideal, ou por motivos de falta de água em certos casos ou por excesso de produção de água noutros.

Em estudos de Magri et al. (2008), numa residência com três moradores foi verificada que a procura de água na descarga do vaso sanitário conseguia ser satisfeita utilizando apenas as águas provenientes do chuveiro e lavatório ou apenas as do tanque e da máquina de lavar roupa.

No caso de edifícios residenciais (ver figura 4-10), o sistema de reutilização, devido ao aumento de volume a tratar e também pela maior procura de água e diminuição de espaço exterior para aplicar as tecnologias de tratamento é mencionado por Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC), englobando nesta unidade as tecnologias de tratamento primária, secundária e terciária. No capítulo 5 será apresentado em pormenor um sistema ETAC existente no Brasil.

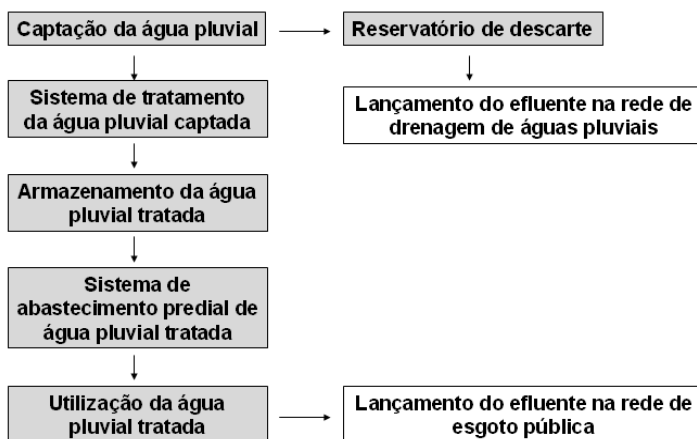


**Figura 4-10** Esquema de um sistema de reutilização de águas cinzas em edifícios residenciais colectivos.

#### 4.9. Sistemas de aproveitamento de água pluvial ao nível doméstico

Pode-se dizer que um sistema de aproveitamento de água pluvial (SAAP) é um sistema descentralizado e alternativo de fornecimento de água visando entre outros a conservação dos recursos hídricos reduzindo a demanda e o consumo de água potável (GONÇALVES, 2006). Simplificadamente, estes sistemas captam água da chuva em superfícies e direccionam-nas até reservatórios para posterior utilização.

Segundo Gonçalves (2009), a concepção do SAAP divide-se em cinco subsistemas: captação, condução, tratamento, armazenamento e distribuição.



**Figura 4-11** Fluxograma de um sistema de aproveitamento de água pluvial

É sabido que durante a passagem por estes subsistemas a água tende a sofrer alterações na sua qualidade (PINHEIRO et al, 2005). E diz-se dependente de factores como os níveis de poluição, decorrentes das actividades na região influenciando a qualidade do ar e contribuindo para a deposição de partículas nas áreas de captação, das características dos materiais utilizados no sistema, da incidência de raios solares, da localização geográfica do local, das condições meteorológicas, a estação do ano, entre outros.

A chuva promove a limpeza da atmosfera arrastando substâncias dos gases, de partículas em suspensão e da superfície de captação, escoando diversos microrganismos provenientes de excretas

de animais, folhas, fustes e restos de animais. De modo a evitar a entrada de materiais grosseiros nos reservatórios deve-se proceder à sua retenção através de telas ou grelhas instaladas nas calhas ou nas rampas, para o caso de captação no solo. Ao nível da captação a água pode ser interceptada a partir da superfície de telhados, lajes, toldos, pátios.

Para evitar que a água da chuva captada contamine a restante, é adoptado um procedimento de auto-limpeza através da remoção da primeira chuvada após a passagem pela superfície de captação, utilizando um reservatório de eliminação ou descarte. Este componente, normalmente, funciona através do próprio controlo de enchimento a partir da utilização de um dispositivo flutuador, ou seja assim que o volume projectado para descarte é atingido, o flutuador estanca a entrada do reservatório de descarte e, a próxima água, segue para o reservatório de armazenamento.

Tanto a especificação portuguesa ETA 0701:2009 como na NBR 15527:2007 aconselham, no caso da falta de dados que o dispositivo de descarte seja dimensionado para um volume mínimo de 2mm de altura ou seja  $2\text{L/m}^2$  de superfície de captação, recomendando também que o dispositivo seja automático. Contudo este valor não é consensual, segundo Annetchini (2005), na Florida para cada  $100\text{ m}^2$  de superfície de captação, eliminam-se 40 litros de chuva, ou seja eliminam-se 0,4 mm de chuva por  $\text{m}^2$  de área de captação, contudo nos seus estudos conclui que  $11\text{L/m}^2$  é o necessário. No caso de estudos de Murakami e Moruzzi (2007) concluiu-se que 2mm era insuficiente mas em estudos portugueses de Neves et al. (2006) refere-se que embora não se possa generalizar, há um certo consenso em torno da necessidade de cerca de  $1\text{ L/m}^2$  para essa lavagem, ou seja, será de rejeitar o primeiro milímetro de precipitação.

Após o descarte a água pluvial é encaminhada para o reservatório de armazenamento. A escolha do tipo de reservatório depende principalmente das características do local de colocação. A quantidade de água armazenada pelo sistema depende do tipo e da área de captação, da precipitação média do local, do coeficiente de run-off, e do consumo mensal da residência (FERNANDES, 2007). Segundo Gonçalves (2006), a exactidão dos cálculos sobre o balanço hídrico e sua relação com outras características hidrológicas depende do conhecimento do volume de água pluvial, do tipo de precipitação, da sua distribuição no tempo e no espaço, entre outros. A sua selecção e dimensionamento deve ser o mais rigoroso possível, assim como se devem adoptar soluções onde seja dispensável a utilização de bombas de modo a tornar este sistema viável economicamente.

Em termos de cuidados a adoptar em reservatórios podem ser consultados diversos manuais como *Harvesting Rainwater for Domestic Uses*, o *Guidelines for Rainwater Tanks on Residential Properties*, ou o *Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações* assim como, principalmente as normas e especificações de cada país.

As águas pluviais possuem, normalmente, qualidade bastante superior à das águas cinzas. Consoante a sua qualidade esta pode ser utilizada na lavagem de roupa, principalmente devido à característica de baixa dureza, contribuindo para uma actuação eficiente do detergente, de carros, de pisos, na irrigação paisagística, na descarga do vaso sanitário, entre outros. O principal é utilizar esta água em usos que exijam níveis correspondentes à sua qualidade. Segundo HAFNER (2007), no caso de utilização para rega de jardins e hortas, a água pluvial sem desinfecção é preferível, em comparação com a água potável, devido ao cloro utilizado no tratamento da água potável ser prejudicial às plantas.

A especificação portuguesa ETA 0701:2007 no ponto 5.6.4. refere que a utilização de água da chuva sem tratamento em descargas de autoclismo, apenas deve ser admitida quando a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos da legislação nacional e das Directivas europeias aplicáveis (Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, que transpõe a Directiva n.º 76/160/CEE, do Conselho, de 8 de Dezembro). E ainda refere que a água pluvial deve ser limitada a usos não potáveis e mesmo nestes casos, quando não se cumpram os valores máximos admissíveis estabelecidos para os parâmetros microbiológicos, deve prever-se uma desinfecção da água por ultravioletas, cloro ou outro processo adequado

Do mesmo modo, Pinheiro (2005), recomenda, em casos de utilização da água da chuva para fins potáveis, a realização de processos de tratamento mais específicos, como filtração com filtros de areia ou de carvão activado, ou o simples processo de desinfecção por cloro ou por radiação ultravioleta.

Segundo HAFNER (2007), a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas para tratamento alcançaram um patamar em que os investimentos necessários para a instalação de um sistema de águas pluviais numa edificação unifamiliar são extremamente baixos e com potencialidades de redução de 40% no consumo de água potável.



#### **4.10. Tecnologias de tratamento utilizadas em SRAC e SAAP**

Considera-se a abordagem particular das tecnologias de tratamento importante no entendimento deste trabalho, uma vez que é através destas que se avalia a qualidade e eficiência da utilização deste tipo de sistemas de conservação de água.

Ao longo deste ponto serão apresentadas as tecnologias de tratamento, utilizadas nos sistemas de conservação de água que têm vindo a ser estudadas em aplicações ao nível doméstico em termos de bibliografia utilizada no desenvolvimento deste trabalho. Refere-se que os valores apresentados relativos à eficiência de tratamento correspondem a tratamento de esgoto doméstico, o que pode significar, dependendo do projecto, que no tratamento de águas cinzas se consiga a mesma ou até uma maior eficiência de tratamento. São ainda apresentados nos estudos de caso, no capítulo seguinte, os valores obtidos para os parâmetros caracterizadores de águas cinzas brutas e tratadas, referentes aos mesmos estudos, de modo a verificar-se a enorme variabilidade destes.

Em termos de processos a utilizar estes seguem uma linha de tratamento semelhante às ETAR (Estações de Tratamento de Água Residual), contudo como são aplicados a uma escala residencial, tratando volumes e concentrações de poluentes menores, as suas dimensões acabam por ser também menores, tornando-se mais simples em termos de tratamento, mas com igual exigência de qualidade. Nos sistemas de reutilização de águas cinzas (SRAC), deve existir no mínimo o nível de tratamento primário e secundário sendo que é necessário aplicar um tratamento terciário, como a desinfecção para remoção de coliformes termotolerantes<sup>11</sup> quando existe possibilidade de contacto humano. (GONÇALVES, 2006).

No caso do tratamento primário a sua função é a filtração de materiais grosseiros, óleos e gorduras.

Por sua vez, o tratamento secundário, consiste num processo biológico onde microrganismos degradam, biologicamente, a matéria orgânica poluente. O processo para este tratamento pode ser aeróbio, anaeróbio ou uma associação dos dois.

Quanto ao tratamento terciário este tem como objectivo principal a desinfecção para eliminação de microrganismos patogénicos apesar de contribuir também para a remoção de nutrientes. A

---

<sup>11</sup> Corresponde a coliformes fecais.

desinfecção pode ser realizada através de processos naturais ou artificiais.

Nos SAAP, o tratamento é mais simplificado, este resume-se ao processo de tratamento primário, em termos de filtração<sup>12</sup> e descarte e ao tratamento terciário por ser, em alguns casos, necessária a desinfecção, sendo este último referido com maior destaque em seguida.

A selecção dos processos de tratamento está directamente relacionada com a qualidade pretendida para o efluente enquanto que a sua utilização é dependente da qualidade exigida para tal.

#### **4.10.1. Tanque séptico**

Os tanques sépticos são câmaras fechadas com a finalidade de deter os despejos domésticos, por um período de tempo estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material contido nos esgotos transformando-os bioquimicamente, em substâncias e compostos mais simples e estáveis (FUNASA, 2006). Mesmo quando dimensionados de acordo com a norma técnica ABNT NBR 7229:1993, não proporcionam efluentes que possam ser lançados aos corpos de água sem causar impactos significativos ao ambiente. Não são efectivas as remoções de matéria orgânica solúvel, nitrogénio, fósforo, e coliformes, havendo quase sempre a necessidade de implantação de unidades de pós-tratamento, sendo por isso considerados sistemas de tratamento primário ou pré-tratamento (MAGRI et al, 2007).

Estes equipamentos reúnem características de decantadores e digestores, realizando-se no mesmo equipamento a decantação através de sedimentação e flotação<sup>13</sup> e a desagregação, e digestão dos sólidos sedimentados e em suspensão, devido principalmente às diferenças de massa específica

Em termos de eficiência média de remoção, segundo ReCESA (2007), para tanques sépticos correctamente dimensionados espera-se 30 a 50% de remoção de DBO, 60 a 80% de remoção de sólidos suspensos (SS) e 70 a 90% de remoção de óleos e graxas.

Uma vez que a digestão ocorre num meio anaeróbio com um tempo de retenção hidráulica curto é esperada pouca eficácia na

---

<sup>12</sup> Em português de Portugal é sinónimo gradação

<sup>13</sup> Processo de separação da fase sólida e líquida, que anexa o sólido à superfície de bolhas de ar fazendo com que se separe do líquido.

remoção de compostos de nitrogénio e de coliformes, sendo por isso necessário considerar um tratamento complementar.

#### **4.10.2. Filtro anaeróbio**

Trata-se de um reactor preenchido com material filtrante onde ocorre depuração da água cinza através do metabolismo dos microrganismos anaeróbios.

No processo de tratamento o esgoto aplicado no reactor é percolado entre o material filtrante, podendo optar-se por percolação ascendente ou descendente. À medida que o esgoto entra em contacto com o material filtrante, e devido a esse tempo de contacto, têm lugar as reacções anaeróbias de degradação da matéria orgânica por parte dos microrganismos, formando o biofilme.

Segundo a ABNT NBR 13969:1997 este tipo de tratamento precedido da utilização de um tanque séptico pode apresentar eficiências de remoção de DBO entre 40 e 75%, 40 a 70% na remoção de DQO, pelo menos 70% de remoção de sólidos sedimentáveis. Quanto à remoção de coliformes é necessário associar uma unidade complementar de tratamento como a desinfecção.

Estes equipamentos podem estar sujeitos a colmatação do material filtrante accionando problemas de fluxo e de desprendimento do biofilme. Deste modo Phillipi et al (2007), alertam para a necessidade de inspecção e operação frequente através da observação da ocorrência do processo e da verificação da qualidade do efluente.

#### **4.10.3. Filtros de Areia**

Tratam-se de tanques compostos por uma camada suporte (por exemplo brita) seguida do material filtrante areia, podendo ser construídos em betão armado, alvenaria, cimento ou fibra. A água cinza é distribuída de forma descendente através de tubulações perfuradas, e após percolar pelo material filtrante é recolhida no fundo do tanque.

Estes filtros funcionam como complemento ao tanque séptico, filtrando o efluente durante a passagem no material filtrante e degradando a matéria orgânica por retenção no biofilme ou por processos de oxidação realizados pelos microrganismos aí existentes.

Ao nível da performance do tratamento o ReCESA indica valores de eficácia de remoção de DBO de 91%, de SS 92%, de amónia

73% e de fósforo 75%, admitindo o antecedente tratamento pelo tanque séptico.

A NBR 13969:1997 recomenda como aplicação máxima de efluente 100L/m<sup>2</sup>.dia se este suceder ao tratamento do tanque séptico.

Deve ter-se especial cuidado com estes sistemas ao nível da colmatção. O ReCESA (2007) sugere, se possível, a construção de dois filtros em paralelo sendo um deles um equipamento suplente, sendo assim possível proceder a reparações.

#### **4.10.4. Filtros plantados com macrófitas**

Os filtros plantados com macrófitas, também conhecidos como zona de raízes, ou leitos cultivados, pertencem ao grupo dos wetlands construídos. Estes tipos de tecnologias são compostas por material filtrante (brita, cascalho, areia) e plantações de macrófitas por onde percola o efluente de água cinza a tratar. O processo de tratamento e transformação dos elementos físicos, químicos e biológicos dá-se através do biofilme formado em torno do material filtrante e das raízes das plantas propiciando o crescimento de comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios que degradam o efluente. Em termos simplificados estes componentes, no caso do material filtrante apresentam a função de suporte para as plantas e para a fixação dos microrganismos e promovem a remoção de compostos orgânicos e inorgânicos. Por sua vez, as plantas têm também a função de suporte de microrganismos, de transporte de oxigénio até aos locais de ligação estreita com o material filtrante e ainda de prevenção de colmatção. Quanto aos microrganismos a sua função é manter a vida no meio principalmente através da circulação de nutrientes. Quanto ao efluente a tratar, consoante a forma como o fluxo hidráulico se movimenta, assim influencia o tipo de vida existente e consequentemente o tipo de tratamento efectuado.

Dependendo dos objectivos propostos, para o tratamento, estes sistemas podem ser construídos empregando-se direcções de fluxo hidráulico na horizontal, na vertical ou como combinação dos dois.

Estes sistemas, na Europa, foram concebidos primeiramente para actuarem a níveis de tratamento secundário de águas residuais com o objectivo de remover a matéria orgânica – DBO e SS, como visto em Philippi e Sezerino (2004).

Segundo Cooper (1999) e Philippi e Sezerino (2004), começou-se por verificar uma evolução na utilização de sistemas wetlands

construídos, tendo sido inicialmente dado mais privilégio aos sistemas de fluxo horizontal (SFH) principalmente pelos reduzidos custos e simplicidade de construção e operacionalidade, além disso mostram um percentual de remoção de DBO e SS aceite pelas legislações ambientais assim como quando aplicados em tratamento terciário apresentam resultados satisfatórios de nitrificação. Contudo, quando aplicados em tratamento secundário, devido à baixa capacidade de transferência de oxigénio (CTO), o processo de nitrificação fica limitado. No intuito de obter uma completa nitrificação do efluente, começou a surgir interesse pelos sistemas de fluxo vertical (SFV) uma vez que apresentam maiores valores de CTO e são consideravelmente menores. Mais recentemente os estudos tendem a conhecer os sistemas híbridos ou seja a combinação dos dois sistemas em série de forma a permitir combater as desvantagens de cada sistema.

De acordo com Monteiro et al. (2009), os sistemas tipo filtros plantados de macrófitas necessitam de uma área superficial maior que os sistemas convencionais mas podem proporcionar um efluente com as características necessárias ao uso não potável, além de compor o paisagismo local, evitando a utilização de energia eléctrica, o consumo de compostos químicos e a geração de grandes quantidades de lodo.

Segundo Paulo (2007), os wetlands construídos ao longo dos tempos têm mostrado uma alta eficiência na remoção de matéria orgânica, nutrientes, sólidos suspensos e microrganismos patogénicos. Contudo indica que existem ainda questões a clarificar como a necessidade de aplicar um tanque equalizador, a capacidade do sistema em acomodar altas cargas de sabão, o tempo de retenção hidráulica, a influência da pluviosidade e a proliferação de mosquitos, entre outros.

Zanella et al. (2009) consideram o sistema de wetland-construído uma alternativa interessante para sistema de pós-tratamento de efluentes de sistemas anaeróbios de tratamento e ainda evidencia o forte apelo ecológico e estético, devido ao maciço vegetal que se forma como factor principal de foco visual. Indica ainda que a vegetação empregada pode ser seleccionada de acordo com condições climáticas locais desde que seja capaz de se adaptar às condições impostas pelo sistema de pós-tratamento. Os estudos de Zanella et al. (2009) fazem parte de pesquisas recentes que procuram a adaptação de espécies ornamentais ao tratamento de efluentes com o intuito de proporcionar um maciço vegetal de apelo estético interessante como é o caso da espécie *Cyperus papyrus* utilizada nesses estudos.

A macrófita mais utilizada na Europa é conhecida em termos populares como o junco comum – common reed (*Phragmites australis*),

para além de existirem outras espécies de junco como *Phragmites arundínea* e *Glyceria maxima* assim como taboas – cattail (*Typha* spp.), como visto em Philippi e Sezerino (2004).

De acordo com estudos de Philippi et al. (2006) com o objectivo de avaliar a potencialidade dos SFV, sob diferentes cargas orgânicas concluiu-se que em condições de clima subtropical é possível aplicar cargas orgânicas superiores às recomendadas para as condições climáticas da Europa Central, e ainda obter nitrificação.

Desde 1980 têm sido construídos e estudados, na Itália, mais de mil wetlands construídos, de todos os tipos, a maior parte situados na parte norte e central do país. As conclusões serão apresentadas este ano (2010) numa conferência promovida, em Veneza pela secção Italiana da International Water Association - Specialist group.

Paulo (2007) indica mesmo que este tipo de tratamento é muito utilizado em países como a Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos.

No Nepal, em 1998, Dr Roshan Raj Shrestha demonstrou como a tecnologia dos wetlands tem aplicação ao nível do tratamento de águas cinzas construindo por US\$500 um sistema que consistia num tanque séptico de  $0.5\text{m}^3$  seguido de um wetland de fluxo vertical de  $6\text{m}^2$ . Segundo testes realizados verificou-se que o sistema apresenta uma remoção de 97% de SST, 98% de DBO e 98% de amónia e 99.9% de coliformes totais. Na residência viviam sete pessoas sendo que esta tecnologia produz 400L/dia e é utilizada para consumo não potável como descarga de vaso sanitário, irrigação do jardim e limpeza (ENPHO, 2008).

Segundo Araujo et al. (2006) a utilização do tanque séptico como pré-tratamento, antes da entrada do esgoto no wetland construído, tem o objectivo de separar o líquido da massa grossa (lodo), por meio da decantação do material sólido presente no esgoto, evitando que este cause problemas na tubulação ou no próprio processo de tratamento.

Estudos de Philippi et al. (2006) avaliaram o comportamento de wetlands de fluxo vertical com profundidades de 0.75m e de 0.45m para diferentes cargas de matéria orgânica. Os wetlands foram construídos com material filtrante do tipo areia e plantados de *typha domingensis* (taboa) no Sul do Brasil. Em termos de resultados médios, estes mostraram uma melhor performance dos módulos com profundidade de 0,75m, sendo que não houve diferença significativa no potencial de nitrificação para os módulos carregados com 7 e  $10\text{gNH}_4\text{-N.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$ , cerca de 78% de remoção, enquanto que para a carga de  $14\text{gNH}_4\text{-N.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$  a eficiência de remoção foi de 75%. Verificou-se ainda que nenhum

modelo sofreu colmatação durante o período de experimento, o que mostra o grande potencial de optimização da área superficial.

Estudos recentes de Monteiro et al. (2009) a escala piloto avaliaram a aplicação de filtros plantados de macrófitas de fluxo horizontal para tratamento de água cinza em residências. O sistema apresentou uma remoção de 60% de DQO, DBO, 80% de sólidos em suspensão voláteis (SSV) e 84% de remoção de fósforo. Foi ainda possível verificar que a oscilação térmica dentro da célula de tratamento poderia ser menor caso o sistema fosse enterrado, sendo benéfico ao desenvolvimento microbiológico. Com o aumento do tempo de detenção hidráulico mostra-se mais eficiente a remoção do fósforo e SSV do que para DQO e DBO e ainda se concluiu que a remoção de matéria orgânica pode ser intensificada nos ambientes com predomínio de metabolismo aeróbio.

Estudos de Philippi et al. (2007), mostram que a tecnologia de associação de um tanque séptico seguido de um filtro de plantado com macrófitas de fluxo horizontal para tratamento de esgoto de uma família de 6 moradores apresenta boa qualidade do efluente tratado para além de se verificar pouca produção de lodo. Verificou-se ainda que este tipo de filtro apresenta baixa eficiência de remoção de nitrogénio o que foi justificado pela pouca aeração natural do sistema necessária para a ocorrência de uma adequada nitrificação.

Esta alternativa tecnológica não é contemplada em normas técnicas, tanto no Brasil como em Portugal, dificultando assim a uniformização de parâmetros e critérios de dimensionamento.

#### **4.10.5. Filtro biológico aerado<sup>14</sup> submerso**

O filtro biológico aerado submerso (FBAS) Trata-se de um reactor preenchido com material estruturado ou granulado, através do qual escoar e água cinza continuamente, gerando turbulência favorável ao contacto entre o substrato e os microrganismos.

Em geral, de acordo com a NBR 13969:1997 estes filtros são compostos por duas câmaras, uma de reacção e outra de sedimentação. A câmara de reacção pode ser dividida em outras duas com o objectivo de remover eficientemente o nitrogénio e o fósforo.

Nestes sistemas o efluente de água cinza, passado o tanque séptico, entra no reactor pelo fundo e ascende aderindo ao material de

---

<sup>14</sup> Em português de Portugal: ventilado

suporte onde sofre degradação pelos microrganismos em ambiente aeróbio devido à ventilação forçada. O ar comprimido é introduzido através de tubos perfurados sob o meio de contacto sendo que as bolhas de ar desprendem o biofilme e combatem a colmatação. Segundo a NBR 13969:1997 apresentam uma enorme capacidade de fixar grandes quantidades de microrganismos no material de suporte contribuindo para o reduzir o volume do reactor e possibilitando um tratamento eficaz sem recirculação de lamas. Os FBAS não necessitam de lavagens sendo classificados como filtros autolaváveis. A alimentação de ar é fornecida por um compressor e distribuído uniformemente através de uma grelha localizada no fundo do reactor (GONÇALVES, 2007). Em termos de performance de tratamento o manual da ReCESA (2007) indica valores de eficiência de remoção de DQO de 98%, de SS e amónia 99% e 72% de fósforo.

O manual da ReCESA (2007) cita vantagens como a possibilidade da construção de estações compactas e em módulos, a satisfatória resistência quanto às variações de carga e climáticas, o reduzido consumo energético e produção de lamas assim como a baixa necessidade de clarificação secundária e ainda a facilidade do sistema atingir o equilíbrio num curto espaço de tempo.

Quanto a desvantagens indica problemas ao nível da colmatação do material de suporte, a interrupção de energia eléctrica com a consequente paragem do tratamento, a produção de elevadas concentrações de nitrato implicando um tratamento complementar de desnitrificação, a necessidade de adição de alcalinidade para manter a nitrificação activa e ainda a presença de biofilme desprendido no efluente. Bazzarella (2005), refere mesmo que os FBAS precisam de decantadores secundários para retenção da biomassa em suspensão. Ou segundo Philippi et al. (2007) nos casos de excesso de lodo não estabilizado no FBAS sugere-se a sua remoção e reencaminhamento para o reactor anaeróbio, quando existe uma associação destas duas tecnologias.

Conhecem-se vários tipos de material de suporte possíveis de utilizar como pedras, madeira, coque, material cerâmico, tampas PET, casca de ostras, entre outros.

Em estudos de Magri et al. (2009) de averiguação do comportamento das cascas de ostras foi verificado que para além da função de aderência do biofilme, apresentaram a vantagem de fornecimento de alcalinidade proporcionando uma óptima capacidade de tamponamento mesmo com a considerável nitrificação existente no sistema. E ainda, apesar de ter sido verificada uma perda de massa das



cascas de ostras ao longo do estudo conclui-se que levariam em média 12 anos para se transformarem totalmente, contudo não existiu apenas perda do carbonato de cálcio, sendo a parte perdida proporcional a todos os seus constituintes, garantindo assim que ao longo do tempo as cascas não perderão a sua função de agente tampão, apesar de diminuírem em volume. Em termos de resultados de remoção de DQO e SS atingiram-se 98% e uma nitrificação de 100%.

Magri et al. (2007), estudaram também tampas de PET e constataram pouca aderência do biofilme, contudo sugerem que mais estudos sejam realizados aplicando decantadores e melhorando a rugosidade do material, por exemplo através de tratamento químico, uma vez que este material existe em abundância em todo mundo e ainda sendo considerado resíduo sólido, a sua reutilização vai contribuir duplamente para a melhoria da qualidade ambiental. Em termos de eficiência obtiveram-se resultados de remoção de DQO de 88% e de 90% de SS. Quanto à nitrificação este biofiltro também se mostrou eficiente mas menos que as cascas de ostras. Nestes estudos, como tecnologia de tratamento combinou-se um tanque séptico modificado com um filtro biológico aerado submerso.

Philippi et al. (2007) num estudo de um sistema de associação de tanque séptico seguido de FBAS, com cascas de ostras como material filtrante, projectado para 7 habitantes, considerando uma contribuição de 125L/pessoa.dia e um valor de carga orgânica volumétrica aplicada de 800gDQO/m<sup>3</sup>.dia mostram resultados de eficiência na ordem dos 99% para a remoção da DQO, SS, E. Coli e NH<sub>4</sub>-N. Referem ainda que apesar deste tipo de material filtrante fixar grandes quantidades de microrganismos, reduzindo o volume do reactor e permitindo um tratamento de nível avançado do efluente, a necessidade de aeração forçada aumenta o que pode gerar custos operacionais.

Estudos de Barbosa (2007) avaliaram o desempenho de um sistema de tanque séptico seguido por um filtro biológico aerado submerso onde o efluente a tratar foi um esgoto sintético. Em termos de resultados concluiu-se que quanto melhor se conhecer a faixa de operação em termos de tempo de detenção hidráulica maior será a precisão no dimensionamento do sistema, tornando o projecto mais viável economicamente principalmente por razões de ganho de espaço. Além disso no fim do estudo os resultados em termos de eficiência de remoção de DBO e DQO mostraram-se aceitáveis.

#### 4.10.6. Reactor anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo

Nos reactores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA)<sup>15</sup>, a biomassa cresce dispersa, sem aderir ao meio de suporte. A concentração de biomassa no reactor é bastante elevada e por isso o seu volume requerido é bastante reduzido, em comparação com outros sistemas de tratamento. O líquido entra no fundo do reactor e segue em fluxo ascendente passando pelo leito de lodo, onde grande parte da matéria orgânica é adsorvida pela biomassa. Com a actividade anaeróbia, são formados gases (principalmente metano e gás carbónico), que ficam retidos na parte superior do reactor podendo ser reaproveitado (energia do metano) ou queimado. O gás é assim separado das outras fases, sendo que a parte sólida também se separa da líquida por sedimentação. Dessa forma, tem-se a retenção de grande parte da biomassa no sistema, alcançada pelo simples processo de gravidade. Devido à elevada retenção de sólidos, a idade do lodo<sup>16</sup> é bastante elevada, e o tempo de detenção hidráulica pode ser bastante reduzido (da ordem de 6 a 10 horas). O efluente sai, então, do compartimento de sedimentação relativamente clarificado, e a concentração de biomassa no reactor é mantida elevada. (BAZARELLA, 2005).

Um aspecto interessante da aplicação destes reactores está relacionado com a associação a tecnologias aeróbias, segundo Gonçalves (2009), as exigências estéticas e organolépticas das águas para reutilização ao nível doméstico fazem com que, em caso de opção pelo tratamento biológico, a etapa aeróbia seja obrigatória, por ser a única capaz de remover a turbidez de maneira consistente. Gonçalves (2006), afirma que sistemas compostos pela associação de processos anaeróbios e aeróbios em série são particularmente interessantes para países com condições climáticas favoráveis, como o caso do Brasil.

Estudos de Aisse e Sobrinho (2001), em escala piloto e escala real, apresentam a avaliação da utilização de sistemas de reactores RAFA e FBAS, contudo ao nível do tratamento de esgoto sanitário e para populações de 200 a 600.000 habitantes. Em termos de resultados verificou-se que utilizando apenas o RAFA os padrões de lançamento no meio receptor não eram cumpridos. Em termos da combinação em

---

<sup>15</sup> Na língua inglesa: upflow anaerobic sludge blanket (UASB)

<sup>16</sup> Tempo médio de residência da biomassa no sistema

estudo RAFA+FBAS para aplicações de taxas hidráulicas de 30m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> obtiveram-se eficiências de remoção de 81%, 83% e 88% para DQO, SST e DBO, respectivamente. Contudo para taxas de 40m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> a qualidade do efluente mostrou-se imprópria.

#### **4.10.7. Reactor anaeróbio compartimentado**

O reactor anaeróbio compartimentado (RAC) é uma das variantes do RAFA mas mais simplificado em termos de aplicação prática, pois procura aproveitar todas as potencialidades dos processos anaeróbio como a formação e retenção de grande quantidade de biomassa e a melhoria do contacto entre a biomassa e a água cinza. Este reactor tem sido estudado com o objectivo de reduzir ainda mais os custos de implantação e operação proporcionados pelos reactores RAFA. O RAC é constituído por um tanque com diversas câmaras dispostas em sequência, separadas por paredes verticais, sendo a última câmara um separador trifásico. Em termos de processo, o reactor compartimentado possibilita separar fases do tratamento, como a digestão anaeróbia e a decantação, proporcionando um menor fluxo de sólidos para o compartimento de sedimentação e, consequentemente, um efluente anaeróbio mais clarificado. O fluxo em cada câmara é vertical e ascendente. (BAZARELLA, 2005)

#### **4.10.8. Desinfecção**

O objectivo deste tipo de tratamento é inactivar espécies de organismos com capacidade de afectar a saúde humana, ainda presentes nas águas reutilizadas após o tratamento secundário, principalmente nos casos em que o uso implica contacto com essas águas.

Estudos de Birks e Hills (2007) concluem, relativamente à desinfecção que este tratamento é essencial para a eliminação de microrganismos patogénicos e para fornecer um valor residual para minimizar o crescimento de biofilme na tubagem do sistema.

Considera-se ao nível doméstico que as técnicas de desinfecção mais utilizadas são a cloração, a radiação ultravioleta e as membranas filtrantes.

Como citado em Magri et al (2008), de acordo Jefferson et al. (1999), quanto a sistemas de membranas, estes são capazes de reter materiais em suspensão com dimensões inferiores a 0,5mm para casos de membranas de microfiltração, ou de dimensões moleculares

utilizadas em osmose reversa. A desvantagem destes sistemas encontra-se na elevada energia requerida, apesar de apresentarem valores baixos de turbidez e de densidade de coliformes. Actualmente existe uma crescente aplicação devido à redução de preço destas membranas.

A desinfecção química é realizada através da aplicação de compostos do grupo fenólico, álcoois, halogénios e metais pesados. Os agentes químicos mais utilizados na desinfecção de esgotos são cloro, dióxido de cloro e ozônio.

A utilização da radiação ultravioleta (UV) mostra-se muito competitiva com a cloração / descloração devido à não geração de subprodutos tóxicos. Estudos utilizando este tipo de desinfecção foram realizados por Nirenberg e Reis (2010) com a aplicação de um lâmpada incandescente de 15W envolvida numa luva de quartzo para preservar a mesma. Conforme os raios emitidos pela lâmpada UV na água assim estes são absorvidos pelos ácidos nucleicos e proteínas, provocando alterações bioquímicas, quebra de moléculas e o seu decaimento. Sabe-se ainda que foi necessária uma manutenção periódica para manter a eficácia do equipamento uma vez que a água contaminada desenvolve crostas de biofilme que impedem a propagação dos raios.

#### **4.10.9. Telhado verde com sistema de reciclagem de água**

Os telhados verdes podem ser utilizados como tecnologias simples de diminuição de enchentes ao mesmo tempo que transformam os telhados em jardins. Podem também servir para local de tratamento e aproveitamento de água de chuva ou como uma tecnologia de reutilização de águas cinzas.

A este nível foi desenvolvido o Green Roof Water System (GROW) pela Water Works UK (WWUK), trata-se de um jardim em camadas de baixo crescimento e floração de plantas nativas cujas raízes executam a função de limpeza como um wetland construído. As águas cinzas reutilizadas (águas verdes) após este tratamento apresentam características seguras para a sua utilização em descargas de vaso sanitário, lavagem de áreas públicas e rega de jardins.

Memon et al. (2007) estudou em termos de avaliação do tratamento de águas cinzas estes sistemas comparativamente com sistemas de filtro plantado com macrófitas, reator biológico com membranas e reator químico com membranas. Englobando a construção, manutenção e a energia necessária, materiais utilizados e a qualidade obtida após o tratamento. Em termos de resultados foi o telhado verde

com reciclagem que se mostrou mais favorável seguido do filtro plantado com macrófitas, o reactor biológico com membranas e por último o reactor químico com membranas.

Para além das aplicações referidas são também conhecidas vantagens, na utilização dos telhados verdes, ao nível da construção como a facilidade na circulação atmosférica, a redução do consumo energético devido às suas capacidades isoladores e ainda as características eficazes em termos de isolamento acústico, contudo exigem um bom isolamento para evitarem problemas de humidades e de infiltração.

Em Portugal os telhados verdes mais conhecidos são os jardins do Centro Cultural de Belém, os jardins da Gulbenkian, implementados nas décadas de 60 e 90 e mais actualmente o edifício Natura Towers e a fachada do Centro Comercial Dolce Vita Tejo, contudo tratam-se de sistemas de conservação de água ao nível do armazenamento de águas pluviais.

No Brasil esta prática também tem sido aplicada principalmente com o mesmo objectivo que em Portugal, apresentando-se em seguida a construção e o resultado final de um telhado verde para aproveitamento de águas pluviais.



**Figura 4-12** Construção de telhado verde na sede do TIBÁ em Bom Jardim, RJ.

Fonte: <http://www.tibarose.com/port/novidades.htm>



**Figura 4-13** Telhado verde na sede do TIBÁ em Bom Jardim, RJ

Fonte: <http://www.tibarose.com/port/novidades.htm>

#### **4.11. Critérios e padrões de qualidade na reutilização de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais**

De acordo com Telles (2007), ao definir-se a qualidade de um produto, entende-se que esteja dentro de um conceito normativo, aprovado para uma certa finalidade e que seja capaz de satisfazer necessidades. Para tal procura-se reconhecer as suas características e especificar as suas aplicações, assim como a sua viabilidade e manutenção. Deste modo, no caso particular da utilização da água proveniente de fontes alternativas (reutilizada ou de aproveitamento pluvial), entende-se que a condição de uso está de acordo com o nível de qualidade. Reivindicando ainda que a relação qualidade/uso englobe o conceito de sustentabilidade, considerando a sua viabilização técnica, económica, política e ambiental.

A qualidade de um tipo de água está directamente ligada ao seu uso. Desta forma, a análise da qualidade da água residual bruta e/ou tratada é o instrumento que melhor determina as possíveis aplicações para a sua utilização, contribuindo para a protecção da saúde pública e do ambiente. Os métodos de análise de águas mais utilizados no Brasil são os Standard methods for the examination of water and wastewater da American Publish Health Association<sup>17</sup> (APHA), enquanto que em Portugal os padrões de análise de referência mais aplicados pertencem à International Organization for Standardization (ISO)<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> <http://www.apha.org/>

<sup>18</sup> <http://www.iso.org/iso/home.html>

O estabelecimento dos requisitos de qualidade de acordo com a exigência do tipo de aplicação mostra-se muito importante ao nível de projectos e minimização de custos de sistemas de tratamento, por isso uma adequada caracterização do efluente traduz-se numa apropriada opção de tratamento, para além de contribuir para uma mais fácil aceitação, destes sistemas, por parte da sociedade.

Os padrões de qualidade para as diversas finalidades da água, devem ser registados em suporte legal, através de legislações que estabeleçam e convencionem os requisitos, em função do uso previsto para a água.

O processo de elaboração de regulamentação sobre a qualidade da água é um processo dinâmico, naturalmente sujeito a revisões mais ou menos periódicas, à medida que o avanço do conhecimento científico e tecnológico disponibiliza informação relevante.

A crescente prática de reutilização da água e aproveitamento da água da chuva tem conduzido necessariamente ao desenvolvimento de regulamentação, sob diferentes formas, normas, recomendações e regulamentos.

Quanto ao caso da reutilização e do aproveitamento da água ao nível doméstico, em termos de parâmetros de qualificação a legislação em Portugal ainda não está definida e no Brasil apesar de existente ainda é pouco concreta pois é mais específica para esgoto comum. (ANA, FIESP & SINDUSCON, 2005; GONÇALVES, 2009; MONTE E ALBUQUERQUE, 2010).

Outros métodos e normas, desenvolvidos por outros países, ou agências internacionais, são então procurados como ferramentas complementares ou comparativas referindo-se principalmente as normas de reutilização de água estabelecidas pela United States Environmental Protection Agency<sup>19</sup> (US EPA) (2004) para algumas regiões dos Estados Unidos da América e as recomendações de controlo de qualidade da água da World Health Organization desde 1971. No caso dos parâmetros de controlo de qualidade da WHO, só estão definidos para uso potável e em termos de reutilização de águas domésticas na agricultura, o que leva a não se considerarem estes parâmetros pois afastam-se do âmbito deste trabalho. Relativamente às linhas orientadoras da US EPA (2004) verificou-se que os parâmetros são variáveis entre estados Norte-americanos, optando-se, deste modo por apresentar, na tabela seguinte, o intervalo limitado pelo valor mínimo e máximo admissível comparando os vários estados, ao nível de usos restritos e não restritos. Entende-se

---

<sup>19</sup> <http://www.epa.gov/>

por uso restrito quando se utilizam águas cinzas reutilizadas com controlo e restrição de acesso e de contacto humano. Por uso não restrito considera-se o uso de águas cinzas tratadas onde o acesso e o contacto humano não são passíveis de controlo. (MONTE e ALBUQUERQUE, 2010)

**Tabela 4-7** Parâmetros de qualidade de águas reutilizadas para uso restrito e não restrito segundo US EPA

Parâmetros	US EPA EUA 2004 (uso não restrito)	US EPA EUA 2004 (uso restrito)
<b>Turbidez (UT)</b>	2,0 - 5,0	2,0 - 5,0
<b>Sólidos Suspensos Totais (mg/L)</b>	5,0 - 30,0	5,0 - 30,0
<b>Coliformes totais (UFC/100mL)</b>	2,2 – 23	23 – 240
<b>Coliformes fecais (UFC/100mL)</b>	ND – 75	23 – 800
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	5,0 – 30	20 – 30

Para a avaliação de água residual bruta e/ou tratada, em termos de parâmetros físicos consideram-se os parâmetros organolépticos cor, turvação, odor e temperatura. Ao nível de parâmetros químicos é determinado o pH, a alcalinidade, a acidez, a dureza, o ferro e manganês, cloretos, nitrogénio, fósforo, oxigénio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes inorgânicos e orgânicos. Quanto aos parâmetros biológicos, os que apresentam um maior interesse são as algas, os fungos, as bactérias, os protozoários, vírus e helmintos.

Com as seguintes tabelas pretende-se apresentar os parâmetros de qualidade definidos na documentação brasileira e portuguesa, e que têm servido de base para o desenvolvimento de estudos.

No caso da reutilização de águas cinzas para o Brasil são apresentados os padrões recomendados pelo manual da ANA, FIESP & SINDUSCON (2005) para águas de reuso de Classe 1 (descarga sanitária, lavagem de pisos e fins ornamentais, lavagem de roupas e veículos) e pela norma técnica da ABNT NBR 13969:1997 para águas de classe 1 (lavagem de veículos), classe 2 (lavagem de pisos) e classe 3 (descarga sanitária). Relativamente a Portugal foram utilizados os parâmetros recomendados pelo Guia Técnico de Reutilização de Água (2010) para descarga sanitária, uso restrito, uso não restrito e lavagem de ruas.



**Tabela 4-8** Parâmetros de qualidade de águas cinzas reutilizadas recomendados no Brasil

Parâmetro	ANA, FIESP & SindusCON - SP/Brasil 2005	ABNT-NBR 13969 - Brasil 1997 <sup>1</sup>	ABNT-NBR 13969 - Brasil 1997 <sup>2</sup>	ABNT-NBR 13969 - Brasil 1997 <sup>3</sup>
pH	6,0 - 9,0	6,0 – 8,0	6,0 - 8,0	6,0 – 8,0
Turbidez (UT)	≤ 2,0	≤10,0	≤ 5,0	≤ 5,0
Cor (UC)	≤ 10,0			
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	≤ 5,0			
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	≤ 20,0			
Nitrato (mg/L)	≤ 10,0			
Nitrito (mg/L)	≤ 1,0			
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1			
Coliformes fecais (UFC/100mL)	ND	≤ 500 (NMP/100mL)	≤ 200 (NMP/100mL)	≤ 500 (NMP/100mL)
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	≤ 10,0			
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	≤ 500		≤ 200	≤ 200
Óleos e Graxas (mg/L)	≤1,0			
Odor e aparência	Não desagradáveis			
Cloro residual (mg/L)			0,5 - 1,5	> 0,5

1-classe 3 (descarga sanitária); 2-classe 1 (lavagem de veículos); 3-classe 2 (lavagem de pisos)

**Tabela 4-9** Parâmetros de qualidade de águas cinzas reutilizadas recomendados em Portugal pelo Guia Técnico de Reutilização de Água (2010)

Parâmetro	Descarga sanitária	Uso restrito	Uso não restrito	Lavagem de ruas
pH	5,8 – 8,6			
Turbidez (UT)	2			
Cor (UC)	60 % transmitância UV (254 nm)			
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	<10	45	45	
Coliformes totais (UFC/100mL)	0 - <100			ND
Coliformes fecais (UFC/100mL)	<10	ND	ND (NMP/100mL)	ND
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	<5	45		10
Ovos de helmintos (n.º/L)	1	ND-100		
Odor e aparência	Ausência de odor desagradável			Ausência de odor desagradável
Cloro residual (mg/L)	0,1 – 0,5			0,1 (livre)0,4 (combinado)
Oxigénio Dissolvido % saturação	> 50			-
Pseudomonas aeruginosa UFC/100mL	<1			

Ao observar-se as tabelas 4-8 e 4-9, verifica-se que os documentos brasileiros apresentam parâmetros mais conservacionistas do que os portugueses. Além disso mesmo em termos de requisitos brasileiros ressalta-se que não há uma padronização de parâmetros consistente, o que pode ser evidenciado principalmente pelos valores de Coliformes Fecais. Enquanto a NBR 13969:1997 permite a presença de até 500 NMP/100mL, o manual ANA, FIESP & SINDUSCON (2005) recomenda que o mesmo não seja detectável, para o mesmo uso. O que ressalta o facto de ser importante definir os valores correspondentes aos parâmetros de qualidade de forma mais assertiva, no sentido de serem utilizados como meio de tomada de decisão na aplicação de determinada tecnologia de tratamento. Alerta-se ainda para o facto dos parâmetros portugueses também apresentarem alguma incoerência particularmente quando se comparam os usos restritos e não restritos pois verifica-se que

são similares, isto é sendo usos diferentes, deveriam apresentar exigências diferentes.

No caso do aproveitamento da água da chuva a NBR define valores específicos para a utilização da água pluvial, enquanto Portugal pela especificação técnica ETA 0701 sugere o controlo através da verificação dos parâmetros a respeitar ao nível balnear (Decreto-Lei n.º236/98). A partir desses valores apresenta-se a seguinte tabela onde se compara apenas os valores utilizados no Brasil com os correspondentes adoptados ao nível português, e constata-se como nas águas cinzas que os valores brasileiros são mais conservadores.

**Tabela 4-10** Parâmetros de qualidade brasileiros e portugueses recomendados no aproveitamento de águas pluviais

Parâmetros	ABNT-NBR 15527 - Brasil 2007	ETA 0701 - Portugal - DL n.º236/98
<b>Coliformes totais (UFC/100mL)</b>	Ausência	50
<b>Coliformes termotolerantes ou fecais (UFC/100mL)</b>	Ausência	20
<b>Cloro residual (mg/L)</b>	0,5 – 3,0	-
<b>Turbidez (UT)</b>	<2,0 ou < 5,0	-
<b>Cor aparente (UH)</b>	< 15	20
<b>pH</b>	6,0 – 8,0	6,5 – 8,5

Na elaboração de normas de qualidade de águas residuais tratadas para reutilização Monte e Albuquerque (2010), sugerem que a definição de valores para parâmetros que quantifiquem as respectivas características se baseiem em todos ou apenas em alguns factores como a prática estabelecida, a viabilidade técnica e económica para atingir a qualidade requerida, a informação epidemiológica e toxicológica, o tipo de exposição dos seres humanos, animais e ambiente em geral, dados sobre o nível de eficiência de processos de tratamento de água residuais, simulação em modelos matemáticos, avaliação e análise de risco.

O controlo da qualidade da água é outro aspecto importante, devendo estabelecer-se campanhas de monitorização periódicas. Segundo Monte e Albuquerque (2010), em utilizações domésticas não potáveis e para lavagem de espaços e equipamentos públicos devem ser adoptadas as frequências de amostragem e análises que usualmente são

utilizadas nas redes de abastecimento de água potável. Assim, parâmetros como o pH, turvação, cloro residual e coliformes fecais e totais devem ser analisados diariamente, enquanto outros deverão ser objecto de análise semanal, por exemplo os sólidos suspensos totais (SST), o azoto amoniacal, demanda bioquímica de oxigénio (DBO) e bactérias (*Closteridium*), ou mensal como os sulfatos, metais pesados, trihalometanos (THM) e bactérias (*enterococos*).

No próximo capítulo pretende-se apresentar o que se acredita ser uma solução adequada para a formulação de parâmetros mais objectivos, de acordo com o tipo de utilização, isto é entende-se que é através da efectuação de estudos e análises de avaliação de riscos que os mesmos se conseguem definir de forma mais assertiva.

#### **4.12. Avaliação de riscos na conservação de água**

Os estudos realizados sobre a avaliação de riscos ainda estão em desenvolvimento mas é certo que os seus resultados servirão de instrumento de apoio na construção de normas mais fiáveis para aplicação na reutilização de águas tratadas. Uma das questões relaciona-se com o nível de exigência do tratamento que é necessário atingir de forma a obter uma qualidade da água compatível com o tipo de utilização a que se destina, assegurando a saúde do utilizador e do ambiente. Quanto maior for o conhecimento sobre o grau de risco que afecta a saúde pública maior será a aceitação por parte dos eventuais utilizadores aquando da aposta e fiabilidade em sistemas de conservação de água. Entende-se que é, pelo menos, a partir de estudos de análises de risco que será possível definir correctamente padrões de qualidade e normas mais assertivas e adequadas à prática da reutilização de água.

De acordo com Mancuso e Santos (2003) é necessário equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento tendo em conta que quanto mais nobre a utilização da água maior é o custo do investimento.

Estudos de Birks e Hills (2007) mostraram que organismos indicadores de água potável (coliformes totais, *Escherichia coli* e *enterococos* fecais) podem ser encontrados em águas cinzas não tratadas, contudo altos níveis destes indicadores não significam a presença de microrganismos patogénicos e por isso não devem ser utilizados como indicadores patogénicos.

As águas residuais, mesmo tratadas, contêm compostos químicos e microrganismos patogénicos, sendo que, a concentração

destes é tanto mais reduzida quanto mais elevado o nível de tratamento. Este tipo de efluente, em termos de poluentes apresenta elevadas concentrações quando associado respectivamente a águas residuais industriais e domésticas, com contribuição de águas do vaso sanitário, o que acontece ao nível das ETAR. Contudo na maioria das aplicações de reutilização, em ETAR, os riscos sanitários e ambientais decorrentes da presença desses constituintes são considerados praticamente inexistentes, porque são controlados e verificados adequadamente (MONTE E ALBUQUERQUE, 2010).

Os organismos patogénicos consistem num item importante a ser considerado na purificação da água, pois estão relacionados ao factor higiénico e associados às doenças de veiculação hídrica. Os patogénicos presentes nas águas residuais classificam-se nos grupos de bactérias, protozoários, helmintos e vírus. A maioria destes agentes, as bactérias do grupo coliforme, advém do material fecal. São identificadas na medição e controlo e utilizadas como indicadoras do grau de contaminação. Ao nível doméstico a melhor forma de remover a contaminação por patogénicos é por meio da aplicação do tratamento terciário (desinfecção) (TELLES, 2007). A desinfecção do efluente permite reduzir o número de microrganismos de origem fecal até níveis de segurança do ponto de vista do contacto humano com essas águas.

O desenvolvimento tecnológico registado no campo do tratamento de água, nomeadamente no que respeita aos chamados processos de membranas e aos processos de oxidação catalítica, possibilita o tratamento de águas residuais de modo a reduzir o teor de microrganismos e de poluentes químicos com eficiências muito elevadas, se necessário até ao nível susceptível de cumprir todos os requisitos de qualidade de água para consumo humano. A viabilidade de transformar águas residuais em água mais pura que muitas águas naturais captadas para usos vários constitui um elevado factor de segurança no contexto da reutilização da água. (MONTE E ALBUQUERQUE, 2010)

De acordo com Monte e Albuquerque (2010) a avaliação de riscos compreende a caracterização dos efeitos expectáveis na saúde; a estimativa da probabilidade de ocorrência desses efeitos, que está relacionada com o tipo e intensidade de exposição ao factor de risco; o número de casos afectados por tais efeitos; e a proposta de concentração aceitável do constituinte que induz o risco do perigo acontecer.

No caso específico deste trabalho, ao nível doméstico apesar da água a ser reutilizada não apresentar a contribuição de águas negras, estas não estão livres da presença de microrganismos patogénicos, o que

acontece é existirem em menor concentração uma vez que a contaminação directa com excretas humanas é improvável.

Quanto ao aproveitamento de água pluvial a contaminação por microrganismos patogénicos não pode ser descuidada uma vez que as zonas de captação podem estar contaminadas por exemplo por excretas de animais.

Consoante o tipo de utilização das águas cinzas e pluviais tratadas, ao nível doméstico, podem definir-se vias de exposição, a que está sujeito o ser humano, como as situações de formação de aerossóis durante a lavagem de veículos, na rega por aspersão, na descarga do vaso sanitário ou situações de contacto directo por salpicos ou por utilização de espaços e materiais utilizados com água reutilizada, ou até ingestão alimentos e animais aos quais foram fornecidas águas reutilizadas.

Ao nível da engenharia, o que se pretende é que o tratamento complementar seja o mais simples e económico, tendo em conta que o previsto é a utilização de água reutilizada para fins não potáveis, não se exigindo o mesmo grau de qualidade de uma água potável.

Como citado em Magri et al. (2008), “vários trabalhos vêm sendo realizados na avaliação do risco microbiológico das águas de reúso, principalmente as águas cinzas. No trabalho de COHIM e KIPERSTOK (2006) foi descrita e aplicada a metodologia Avaliação Quantitativa de Risco Microbiológico - AQRM, onde o risco depende da frequência de exposição do usuário da água de reúso e da dose. Entre os usos avaliados, a descarga de vaso sanitário foi o que apresentou maior risco, comparado com lavagem de roupas, sendo que se refere à contaminação por vírus, e não por organismos do tipo coliformes.”

Deste modo fica a questão em aberto sobre em que usos, e até que nível é realmente necessário o tratamento de desinfecção.

#### **4.13. Participação pública e aceitabilidade da conservação de água**

O sucesso de sistemas de conservação é resultante da confiança pública na sua aceitabilidade. O estabelecimento de políticas públicas com a participação da sociedade civil é a forma mais eficaz de tratamento dos problemas gerados pelos conflitos de uso da água.

Quanto melhor a sociedade compreender o modo como influenciamos a quantidade e a qualidade da água, melhor saberemos contribuir para proteger os recursos hídricos (DQA, 2002).

O exemplo mais recente (ver Figura 4-14) que foi possível conhecer no terreno foi o projecto CT-Hidro a ser desenvolvido pelo Grupo de Estudos de Saneamento Descentralizado (GESAD) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) com o objectivo principal de avaliar e estudar fontes alternativas de água para a conservação de recursos hídricos e aumento da produção de água e nutrientes no meio rural. O nível do envolvimento populacional verifica-se com a aposta destes projectos em residências de famílias com baixas possibilidades, existindo mesmo situações onde a aplicação destes sistemas traz consigo a construção e doação, a estas famílias, de condições de saneamento básicas. A única contribuição exigida à família é a utilização do sistema para o desenvolvimento dos estudos, e de certo modo alguma vigilância, após uma adequada explicação da sua importância e do modo de uso do equipamento. Levar para junto da população os projectos de desenvolvimento tecnológico mostra-se um caminho para uma mais rápida aceitação e compreensão, por parte da sociedade, das suas características e objectivos, fomentando a curiosidade, o interesse e principalmente a preocupação por mantê-los em boas condições.



**Figura 4-14** Sistema de reutilização de águas cinzas (tanque séptico seguido de wetland construído de fluxo horizontal) e sistema de aproveitamento de águas pluviais, SC, Brasil.

Os principais incentivos devem estar de acordo com a consciencialização dos problemas ambientais, assim como na capacidade de entender as dimensões dos ecossistemas onde a população está inserida e principalmente na eficácia e fiabilidade que os sistemas de conservação de água cada vez mais têm vindo a apresentar.

Compilações sobre acções, programas e estratégias de informação e envolvimento por parte da comunidade neste tema foram já abordados no Guidelines for Water Reuse de 1992 da US EPA, assim como em Asano (1998) e estão resumidos no livro Reúso de Água editado por Mancuso e Santos (2003).

Como exemplo existem os estudos de Hafner (2007) que propõem uma hierarquização de acções em edificações visando a conservação de água e considerando os benefícios e custos associados. As acções são, em seguida, apresentadas segundo a ordem crescente de aplicação e são uma sugestão de directriz para a realização de programas de conservação, objectivando-se apenas ao nível de edificações domésticas.



## Informação

Esta acção é a base de um programa de conservação de água na medida em que promove a consciencialização desta prática. A sua aplicação deve acompanhar todo o processo de conservação de água de forma a estimular o comprometimento com o sistema, garantindo o seu sucesso contínuo. Trata-se da ferramenta de educação ambiental que gera a mudança da concepção, dos conceitos sobre as características e atitudes para com o uso racional e eficiente da água no processo.

## Eliminação de perdas e vazamentos

Numa habitação o uso eficiente e racional faz-se primordialmente pela verificação das perdas e dos desperdícios e pela consequente correcção ao nível de falhas, erros e defeitos de construção. Normalmente este tipo de conserto apresenta um custo reduzido. Esta acção como a anterior deve acompanhar toda a vida do sistema através de vistorias e monitorização.

## Troca de equipamentos hidro-sanitários

A utilização de dispositivos de elevada eficiência hídrica é uma acção que apresenta elevados índices de economia de água, fácil instalação, relativo baixo investimento e dispensa da colaboração do utilizador.

## Aproveitamento pluvial

A aposta em sistemas de aproveitamento pluvial mostra-se a acção em termos de projecto mais elaborado com maior facilidade de implementação e menor necessidade de altos níveis de tratamento. Contudo a precipitação local é um dos factores mais importantes na avaliação económica do SAAP.

## Medição individualizada

Está relacionada com incentivos directos económicos através da cobrança. Esta prática mostra-se dificultada no caso de instalações em habitações já construídas desincentivando o utilizador na sua aposta. A sua aplicação é mais aconselhada para habitações em fase de projecto ou

construção na medida em que se incorporam de raiz hidrômetros ou novos tipos de tubulações.

### Reúso de águas cinzas

A reutilização de águas cinzas mostra-se o incentivo mais internacionalmente comentado principalmente a uma escala de reutilização em ETAR com aplicação em usos urbanos. No caso particular da aplicação deste tipo de sistemas ao nível doméstico, dependendo do nível de tratamento, a sua viabilidade em termos do primeiro investimento pode ser um desincentivo mas existem estudos que comprovam o retorno do investimento (ver capítulo 5). Este tipo de sistema obriga ainda a uma duplicação da rede e a uma monitorização regular da qualidade da água.

Outro estudo interessante, de Cohim (2007), sobre a disponibilidade da população da Bahia, em utilizar água reciclada ao nível doméstico, permite constatar que a população investigada possui o hábito de poupar água com o principal motivo de redução económico-financeira. Ao mesmo tempo a população em estudo mostrou-se disponível para apostar na reutilização de água, verificando-se que o receio aumentava à medida que o uso da água reutilizada era mais próximo do contacto. As maiores preocupações estavam relacionadas com a falta de confiança na autoridade legal e na verificação da qualidade da água.

O incentivo financeiro é válido, apesar de ser razão para outro efeito, contudo deve procurar-se reflecti-lo na importância da causa ambiental.

Uma adequada base legislativa e regulamentar seria um avanço para uma aceitação generalizada por parte da população, para aposta nestes sistemas, não descuidando a necessidade de práticas metódicas de controlo e verificação da qualidade de água, associados a processos de fiscalização.

## **5. ESTUDOS DE CASO**

Posteriormente à informação exposta ao longo deste trabalho, pretende-se agora apresentar a eficiência, a qualidade e a gestão integrada e sustentável de recursos hídricos na utilização de sistemas de conservação de água, através de exemplos práticos de estudos de aproveitamento de fontes alternativas de água, ao nível doméstico, em particular os sistemas de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de água pluvial em residências unifamiliares e edificações colectivas tanto no Brasil como em Portugal.

Os estudos dos exemplos citados a seguir devem ser avaliados exclusivamente dentro dos contextos específicos em que se encontram inseridos. Ou seja, as situações de viabilidade económica e de optimização de tratamento, apresentadas em cada exemplo, devem ser muito cautelosamente extrapoladas para outros casos, pois a sua aplicabilidade muda sob inúmeras variáveis.

Contudo, a gestão integrada e sustentável de recursos hídricos é transversal em todos estes estudos, pois todos estes sistemas são elaborados com o intuito de promover uma adequada administração dos ecossistemas, o que é justificado desde logo pela aposta e aplicação dos mesmos.

### **5.1. Sistemas de conservação de água em residências unifamiliares**

Em seguida apresentam-se, em tabelas resumo, os estudos de caso de sistemas de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais que serão abordados.

Refere-se a dificuldade em encontrar estudos portugueses sobre sistemas à escala real de reutilização de águas cinzas ao nível doméstico, o que é evidenciado pelo facto da inexistência destes nesta parte do trabalho.

**Tabela 5-1** Características dos estudos de caso de sistemas de reutilização de águas cinzas em residências unifamiliares

<b>Autor /Local</b>	<b>Peters et al., 2006 / Florianópolis SC Brasil</b>	<b>Paulo et al., 2007 Brasil</b>	<b>Magri et al., 2008 / Florianópolis SC Brasil</b>	<b>Magri et al., 2009 / Florianópolis SC Brasil</b>	<b>Nirenberg e Reis 2010 / Goiânia GO Brasil</b>
<b>N.º de habitantes</b>	3	2	-	3	2
<b>Consumo L/d</b>	-	73	232	248	170,24
<b>Tecnologia</b>	Filtro de brita + desinfecção com pastilhas de cloro	Filtro plantado de macrófitas	Filtro Anaeróbio + Filtro de Areia	-	Tanque de sedimentação + filtro de brita e areia + desinfecção UV
<b>Fonte de água cinza</b>	Lavatório + chuveiro + tanque	Pia lava louça/pia lava louça + maq. lavar louça/maq. lavar roupa + pia lava louça	Chuveiro + 2 lavatórios + tanque + máquina de lavar roupa	Chuveiro + máquina lavar roupa + lavatório + tanque	Chuveiro + máquina lavar roupa + lavatório + tanque
<b>Ponto de uso de água cinza</b>	Bacia sanitária	-	2 Vasos sanitários + 1 torneira rega jardim	-	Floreira + gramada

**Tabela 5-2** Características dos estudos de caso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em residenciais unifamiliares

Autor /Local	Peters et al., 2006 / Florianópolis SC Brasil	Vaccari 2005 / Vitória ES Brasil	Neves et al., 2006 Porto Portugal	Oliveira (2008) Portugal	
				Toito	Estômbar
<b>n.º de habitantes</b>	3	5	4	4+1carro	6+2carros
<b>Consumo L/d</b>	-	120	180	-	-
<b>Descarte mm</b>	1,4	-	-	-	-
<b>Área de captação (telhado) m2</b>	35	100	117	150	140
<b>Volume de Armazenamento m3</b>	-	3	4 ou 6	1	1
<b>Material do reservatório</b>	-	-	betão armado	reservatório enterrado PEAD	reservatório enterrado PEAD
<b>Custo</b>	-	-	SAAP = +2600 ou +2900	-	-
<b>Pay Back (anos)</b>	-	-	rentabilidade 7% ao ano	13	20
<b>Ponto de uso de água pluvial</b>	descarga vaso sanitário/ lavagem de roupa	descarga vaso sanitário	descarga vaso sanitário	descarga vaso sanitário + lavagem pavimentos e carro + rega do jardim + outros	descarga vaso sanitário + lavagem carros + outros

### 5.1.1. Sistema de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais - bairro de Ratones em Florianópolis (SC) Brasil

Este estudo prende-se principalmente com a análise da qualidade de água tanto pluvial como cinza, após tratamento, e com a quantidade de água necessária para suprir o consumo. Peters et al. (2006), estudaram uma residência com três habitantes onde se pretende reutilizar as águas cinzas, geradas pelas águas do lavatório, do chuveiro e do tanque de lavar roupa e aproveitar as águas pluviais captadas no telhado.

O sistema de reutilização de águas cinzas inicia-se por uma caixa receptora das águas advindas das unidades hidráulico-sanitárias

(UHS), seguidas por um filtro de brita, uma caixa de passagem para desinfecção com pastilhas de cloro e reservatório de armazenamento de água cinza tratada.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais começa pela captação de água proveniente da superfície do telhado ( $35\text{m}^2$ ) de cerâmica e segue por calhas, até aos tubos de queda protegidos por grades na parte superior que retêm os materiais grosseiros. A primeira chuvada vai para o reservatório de descarte, e a restante segue para o tratamento através de um filtro de areia sendo posteriormente armazenada numa cisterna.

Após o tratamento das águas, cinzas e pluviais, segue-se a sua mistura num tanque onde são bombeadas para um reservatório superior e então utilizadas.

A quantificação das águas cinzas realizou-se através da colocação de contadores nas tubulações de alimentação das UHS.

Quanto aos valores da água pluvial, a chuva atmosférica foi quantificada através de um pluviómetro instalado na residência e pelos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sobre a região em causa.

O volume de chuva potencialmente aproveitado é determinado descontando-se 50 litros de descarte correspondendo a aproximadamente  $1,4\text{L/m}^2$ .

Em termos de consumo nas UHS durante um ano de análise, o lavatório e o chuveiro contribuíram com 33%, o tanque de lavar 27% o que corresponde a um total de 60% de águas cinzas geradas. Quanto ao vaso sanitário foi contabilizado um consumo de 22% o que mostra a potencialidade de utilização da água cinza para reutilização na descarga.

Quanto aos resultados em termos do sistema de tratamento de água cinza, o filtro de brita apresentou um efluente com características de *E.Coli* que remete para a necessidade de um tratamento terciário como a desinfecção. Contudo com a diluição das águas pluviais resultou numa concentração média menor verificando os requisitos para utilização na descarga sanitária da NBR 13969:1997.

Os resultados obtidos mostraram que a água de chuva possui uma qualidade superior à água cinza, apresentando uma potencialidade de utilização na lavagem de roupas devido aos baixos valores de dureza. Por outro lado, a produção regular de água cinza na residência supera a demanda de água na bacia sanitária podendo ser utilizada também em outros usos não potáveis, tais como, a rega de jardim e lavagem de veículos, não havendo a necessidade de misturá-la com outra fonte alternativa.

**Tabela 5-3** Características das águas cinzas e pluviais tratadas

Parâmetros		Peters et al., 2006		
		Água Cinza Tratada	Água Chuva tratada	Mistura
<b>pH</b>	-	7,3	7,7	7,5
<b>Turbidez</b>	NTU	39,6	3,5	
<b>Cor Verdadeira</b>	Uc	109,4	16,8	47,2
<b>DBO</b>	mg/L	31,8	-	96,2
<b>Óleos e Graxas</b>	mg/L	0,5		
<b>Coliformes Fecais</b>	NMP/ 100 mL	1210,0	4,5	463,0
<b>Nitrato</b>	mg/L	0,3	0,5	0,8
<b>Nitrogénio Amoniacal</b>	mg/L	3,0	1,4	2,0
<b>Nitrito</b>	mg/L	0,1	0,0	0,2
<b>Fósforo Total</b>	mg/L	2,7	-	1,6
<b>SST</b>	mg/L	26,3	1,8	3,7
<b>SDT</b>	mg/L	284,4	75,1	295,5
<b>E. Coli</b>	NMP/100mL	941,0	>10	

### 5.1.2. Sistema de reutilização de águas cinzas - Brasil

Com o intuito de desenvolver e avaliar fontes alternativas de água para fins não potáveis, conservando este recurso em edificações unifamiliares Magri et al. (2008), estudaram durante um ano um sistema de tratamento de águas cinza produzidas numa residência com três moradores. Em termos simplificados pretendeu-se avaliar a eficiência do tratamento em termos qualitativos e quantitativos de produção de águas cinzas.

As tecnologias utilizadas no tratamento foram um filtro anaeróbio de brita seguido por um filtro aeróbio de areia de fluxo ascendente.

Começou-se por medir a produção de águas cinzas assim como a água necessária para a descarga no vaso sanitário e irrigação do jardim. Quanto à produção de águas cinza, em seis meses, foi de 232 L/dia, e a necessária para o vaso sanitário foi de 70 L/dia. Ao nível do tratamento atingiu-se a remoção média que pode ser observada na tabela 5-4.

No estudo afirma-se que existe uma menor concentração de nitrogénio e fósforo quando comparados com o esgoto doméstico convencional, sendo por esse motivo, mais facilmente removidos por

sistemas biológicos naturais, sem suporte energético externo. Observou-se também que o filtro de areia, somente com alimentação intermitente e aeração natural pode remover e/ou transformar em nitritos e nitratos o nitrogénio amoniacal num percentual médio de cerca de 89%, com concentração efluente média de 0,6 mg/L.

Uma vez que o sistema não se mostrou eficiente na remoção dos microrganismos Coliformes totais e *Escherichia Coli*, sugere-se a aplicação de uma unidade complementar de desinfecção e Magri et al (2008), indicam que deveria ser realizada uma análise efectiva do risco para compreender até que nível é mesmo necessária a desinfecção.

É ainda de referir que durante todo o ano de estudo o sistema tecnológico não sofreu nenhum indicativo de colmatção nos filtros, mostrando-se uma opção viável em termos de eficiência de tratamento.

**Tabela 5-4** Qualidade das águas e eficiência das tecnologias de tratamento

Parâmetros		Magri et al., 2008					
		Água Cinza Bruta	Água Cinza Tratada FAN	Eficiência saída FAN %	Água Cinza Tratada FA	Eficiência saída FA %	Eficiência sistema %
<b>pH</b>	-	7,7	7,4	4	7,5	-1	3
<b>Turbidez</b>	NTU	174,4	151,3	13	15,2	90	91
<b>Alcalinidade</b>	mg/L	89,3	135,3	-52	109,1	19	-22
<b>Cor Aparente</b>	Uc	1297,2	983,7	24	122,8	88	91
<b>Cor Verdadeira</b>	Uc	294,2	436,0	-48	32,7	93	89
<b>Nitrato</b>	mg/L	0,3	0,2		7,8		
<b>Nitrogénio Amoniacal</b>	mg/L	3,9	5,3	-36	0,6	89	85
<b>Nitrito</b>	mg/L	0,1	0,1		0,1		
<b>Fósforo Total</b>	mg/L	5,9	8,9	-51	2,1	76	64
<b>SST</b>	mg/L	461,9	418,6	9	340,7	19	26
<b>DQO</b>	mg/L	391,7	314,9	20	20,6	94	95
<b>E. Coli</b>	NMP/100 mL	4,0E+04	1,1E+03	97	1,4E+04	-1173	65
<b>SS</b>	mg/L	100,4	31,9	68	23,2	27	77
<b>Coliformes Totais</b>	NMP/100 mL	1,2E+06	5,7E+05	53	4,8E+04	92	96

Nota: FAN: Filtro anaeróbio; FA: Filtro aeróbio



### **5.1.3. Estudo quantitativo e qualitativo de produção de águas cinzas – bairro de Ratonas, Florianópolis (SC), Brasil**

Através do estudo realizado por Magri et al. (2009) avaliaram-se em termos de qualidade e quantidade as águas cinzas geradas em diferentes UHS numa residência unifamiliar com três moradores.

Para a quantificação realizou-se a leitura diária a partir da colocação de contadores nas tubulações de alimentação dos pontos de uso de água na residência e observou-se que a água cinza proveniente do chuveiro, da máquina de lavar roupa e do lavatório é suficiente para fornecer a necessária para a descarga do vaso sanitário. A habitação produzia uma média de 248L/dia.

Foi também possível constatar que os efluentes com maiores concentrações orgânicas e inorgânicas eram provenientes da máquina de lavar roupa, do chuveiro e do lavatório.

No caso do efluente do chuveiro e máquina os níveis elevados dos parâmetros físicos, da água cinza, turbidez, cor aparente e cor verdadeira culminam em concentrações elevadas de sólidos dissolvidos implicando a necessidade de sistemas de tratamento mais eficientes na reutilização do efluente em causa.

Em edificações onde o uso dos lavatórios seja predominante na contribuição das águas cinzas, como em prédios públicos, onde normalmente não se pratica a lavagem de roupas e banho, esta característica pode ser vantajosa, pois com um sistema de tratamento simplificado estas águas podem ser reutilizadas para fins como, descarga de vaso sanitário, rega de jardim e limpeza de pisos (MAGRI et al., 2009).

As concentrações de DQO nas amostras indicam a depleção de oxigénio devido à degradação da matéria orgânica. Se o oxigénio dissolvido for todo consumido, ou se for utilizada uma unidade de tratamento biológica anaeróbia, pode ocorrer a produção de sulfeto pela redução de sulfato e, conseqüentemente, a emissão de odores desagradáveis. Em função destas características, quando se utilizam águas cinzas mais concentradas, indica-se a utilização de unidades de tratamento biológico combinadas, um pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema aeróbio, aliado a unidades de armazenamento que não proporcionem tempos de detenção hidráulica elevados aos efluentes (MAGRI et al., 2009).

**Tabela 5-5** Valores de consumo de água por equipamento

Equipamentos	Peters et al., 2006		Magri et al., 2008		Magri et al., 2009	
	Consumo					
	L/dia	%	L/dia	%	L/dia	%
Vaso Sanitário	57,8	22	69,8	23.1	78	21
Chuveiro Lavatório	89,7	33	98,1	32.5	111	29
Pia da cozinha	48,7	18	-	-	66	15
Máquina de lavar roupa	-	-	134,2	44.4	138	35
Tanque	73,3	27				
Produção média (L/dia)	270,7		302,1		248	

**Tabela 5-6** Valores de água cinza bruta misturada e de cada equipamento

Parâmetros		Magri et al 2008	Magri et al., 2009			
		Água Cinza Bruta	Chuveiro	Lavatório	Máquina de Lavar	
pH	-	7,7				
Turbidez	NTU	174,4	305,3	164,0	148,4	
Alcalinidade	mg/L	89,3	101,3	89,4	156,9	
Cor Aparente	Uc	1297,2	2343,6	830,0	850,2	
Cor Verdadeira	Uc	294,2	1105,7	109,8	433,1	
Nitrato	mg/L	0,3	1,66	1,84	2,15	
Nitrogénio Amoniacal	mg/L	3,9	1,20	0,36	2,53	
Nitrito	mg/L	0,1	0,52	0,09	0,4	
Fósforo Total	mg/L	5,9	18,6	4,9	23,9	
SST	mg/L	461,9	784,2	413,1	1353,8	
DQO	mg/L	391,7	1145,1	423,3	831,0	
E. Coli	NMP/100mL	4,0E+04				
SS	mg/L	100,4	176,1	130,4	145,3	
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,2E+06	1,4E+06	1,8E+05	2,4E+06	
Fosfato total	mg/L		5,5E+04	1,3E+04	1,4E+05	

#### 5.1.4. Dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial - região metropolitana de Vitoria (ES) Brasil

Estudos de Vaccari et al. (2005), numa residência unifamiliar com 5 habitantes com uma área de captação de 100 m<sup>2</sup> e um vaso

sanitário com um volume de 6L/descarga estimam 4 descargas/(hab.dia) ao que corresponde um consumo de 120 L/dia.

O objectivo deste trabalho foi realizar um estudo de modelagem e dimensionamento do reservatório de água pluvial de forma a otimizar o consumo de acordo com a disponibilidade da precipitação, o que confirma a importância da eficiência na utilização de sistemas de conservação de água.

Para este estudo determinou-se a disponibilidade regional de chuva através da observação da série histórica de precipitação da região de Vitória, com base em dados de precipitação de 27 anos (1976-2003), sendo o período do ano com menor média de chuva correspondente a Maio, Junho e Agosto, com precipitação média mensal de 58,4 mm e um índice pluviométrico anual de cerca de 1300 mm de chuva.

Mediu-se também o volume total de água que escoar pelo telhado através de um medidor de vazão colocado no tubo condutor de água que supostamente irá ligar ao reservatório.

Para o dimensionamento do reservatório determinou-se o volume necessário a armazenar através do método de Rippl e a simulação de Monte Carlo. Através de um gráfico constatou-se que para atender a um consumo de 70%, o necessário para a descarga do vaso sanitário é um reservatório de capacidade de  $3\text{m}^3$  de volume de água pluvial. Este estudo analisou ainda três situações de probabilidade de resposta ao consumo, considerando reservatórios que garantam 60%, 75% e 90% do abastecimento de água ao que correspondem volumes de  $1,3\text{m}^3$ ,  $4,6\text{m}^3$  e  $14,4\text{m}^3$  respectivamente.

#### **5.1.5. Sistema de reutilização de águas cinzas - no município de Goiânia**

Nirenberg e Reis (2010) estudaram uma residência na qual se pretende reutilizar a água cinza proveniente do chuveiro, lavatório e da área de serviço. A unidade de tratamento deste sistema consiste num tanque de sedimentação, seguido por filtro de brita e areia de fluxo descendente com recirculação e um sistema de desinfecção UV.

Em termos de resultados quantitativos verificou-se uma produção média diária de águas cinzas de 170,24 L/d e consequentemente se toda a água cinza fosse reutilizada resultaria numa economia em termos de consumo de água até 35% no custo mensal.

Em termos qualitativos o sistema mostrou-se adequado de acordo com valores de eficiência referidos na NBR 13969:1997 contudo

ao nível dos parâmetros estes ficaram aquém dos critérios do manual da ANA, FIESP & SINDUSCON (2005) e da US EPA (2004). Sugerindo-se o complemento do tratamento com uma unidade aeróbia.

Este estudo englobou ainda a análise de viabilidade de implantação do sistema verificando-se um elevado período de retorno (pay back). Em termos de poupança de reutilização de água por mês obteve-se R\$ 15,351 e de consumo de energia eléctrica R\$ 9,465. Considerando os custos das análises da água e uma taxa de desconto de 0% e de 10% ao ano obteve-se, respectivamente um período de retorno de 34 e 38 anos. Entende-se ainda que quanto maior a produção e o consumo de águas cinzas menores serão os períodos de retorno.

**Tabela 5-7** Resultado dos parâmetros de qualidade de águas cinzas e de eficiência do sistema de tratamento

Parâmetros		Nirenberg e Reis (2010)		
		Entrada	Saída	Eficiência %
pH	-	8,0	8,0	
Turbidez	NTU	103,1	39,9	61
Alcalinidade	mg/L	205,7	268,6	-31
Cor Verdadeira	Uc	141,1	94,4	33
DBO	mg/L	186,6	72,6	61
Óleos e Graxas	mg/L	68,8	2	83
Coliformes Fecais	NMP/100 mL	9,56E+05	1,05E+05	88
Nitrogénio Amoniacal	mg/L	8,9	8,6	2
Fósforo Total	mg/L	1,3	1,1	19
SST	mg/L	85,8	36,4	56
DQO	mg/L	352,7	186,8	47
SS	mg/L	0,1	0,1	

### 5.1.6. Sistema de reutilização de águas cinzas com aplicação de um filtro plantado de macrófitas - Brasil

Com o projecto de Paulo et al. (2007) pretendeu-se analisar a eficiência do tratamento de água cinza originada na cozinha e na lavandaria, através de um filtro plantado com diferentes macrófitas (*Heliconia psittacorum* L.F., *Bromelia* sp. e *Cyperus isocladius* vulgarmente chamada de papiro).

Ao nível quantitativo, os moradores registaram diariamente o tempo cronometrado e o volume contabilizado de consumo tanto das torneiras como das máquinas, obtendo-se um caudal médio de 73L/dia.

Deste modo construiu-se um wetland com dimensões 2x0.5x0.58 e areia como material de suporte. Como tratamento preliminar foi utilizada uma já existente caixa de gordura e um tanque equalizador.

Em termos de resultados chegou-se à conclusão que o *papirus* foi a planta que melhor se adaptou e resistiu. E ainda que se o wetland for bem dimensionado, o tanque de equalização é dispensável, conseguindo-se acomodar elevadas cargas hidráulicas e de sabão.

**Tabela 5-8** Resultados de parâmetros de qualidade dos efluentes e de eficiência da tecnologia de tratamento

		Paulo et al., 2007					
		Água Cinza Bruta			Água Cinza tratada		Eficiência %
Parâmetros		pia lava louça	pia lava louça + máq. lavar louça	máq. lavar roupa + pia lava louça	Entrada do wetland	Saída do wetland	
pH	-	5,9	6,2	7,3	6,5	7,1	-9
Turbidez	NTU	298,0	167,0	50,7	186,8	34,5	82
Alcalinidade	mg/L	220,7	143,1	119,1	201,9	195,4	3
DBO	mg/L	557,6	444,9	74,6			
Óleos e Graxas	mg/L	190,9	176,3	86,0	171,8		
Coliformes Fecais	NMP/ 100 mL	>2,4E+08	8,2E+07		1,1E+09	1,5E+07	99
Nitrato	mg/L	0,19	0,13	0,05	0,14	0,04	
Nitrogénio Amoniacal	mg/L	11,4	5,8	1,1	9,2	3,1	66
Nitrito	mg/L	0,04	0,08	0,05			
SST	mg/L	184,0	166,0	39,5	109,1	17,2	84
DQO	mg/L	852,5	580,3	167,9	570,6	273,4	52
E. Coli	NMP/ 100 mL	>2,4E+08	1,6E+07		2,9E+06	2,9E+05	90
Fosfato total	mg/L	22,9	13,1	12,7	39,9	13,4	66
Cloretos	mg/L	73,1	45,4	9,4			

### **5.1.7. Sistema de aproveitamento de águas pluviais - Porto, Portugal**

Trata-se de um estudo apresentado por Neves et al. (2006) para a construção de um SAAP numa moradia localizada na região do Douro com três pisos e habitada por 4 pessoas. A captação de chuva é feita pelo telhado numa área de  $117\text{m}^2$ . A água pluvial é para ser utilizada na descarga do vaso sanitário na qual se considera um consumo de 45l/hab/dia.

Em termos de valores de precipitações foram considerados 10 anos de dados concluindo-se que com um reservatório de  $4\text{m}^3$  seria possível aproveitar, em média,  $49\text{ m}^3/\text{ano}$  enquanto que com um reservatório de  $6\text{m}^3$  se conseguiria aproveitar  $52\text{m}^3/\text{ano}$ . O reservatório utilizado foi construído em betão ligeiramente armado uma vez que se mostrou como a solução mais económica.

Em termos de custos foi efectuado um estudo onde se concluiu que para a construção do SAAP, assim como obras necessárias para a alimentação dos autoclismos, era necessário um acréscimo de 2600 a 2900 euros em relação à solução tradicional, respectivamente conforme se utilize um reservatório de  $4\text{m}^3$  ou  $6\text{m}^3$ . Foi também verificado que o reservatório representa a parcela mais significativa dos custos mas ao mesmo tempo é o equipamento que apresenta maior duração sofrendo assim uma reduzida desvalorização ao longo do ano. Através de um estudo económico que considerou uma desvalorização anual à taxa de inflação de 2,5% determinou-se uma taxa de 7% de rentabilidade por ano para o utilizador.

### **5.1.8. Estudo de aproveitamento de águas pluviais - Toito na Guarda e em Estômbar em Faro, Portugal**

Apresenta-se em seguida um estudo baseado no teste de um simulador, desenvolvido por Oliveira (2008), que permite analisar o benefício do aproveitamento de água pluvial para diferentes capacidades do SAAP através do fornecimento de informação acerca de usos previstos e das áreas de captação da água pluvial.

**Tabela 5-9** Valores de consumo de água por tipo de utilização

<b>Utilização</b>	<b>Toito</b>	<b>Estômbar</b>
<b>Vaso Sanitário</b>	180L/d	270L/d
<b>Jardim</b>	60L/d	0
<b>Lavagem pisos</b>	10L/semana	0
<b>Lavagem carro</b>	100L/semana	200L/semana
<b>Outros usos</b>	36L	46L

A habitação em Toito localiza-se na região da Beira Alta, é constituída por 3 pisos e é habitada por 4 pessoas que possuem um carro. A água aproveitada tem como objectivo suprir os usos da descarga do vaso sanitário, de lavagem de pavimentos e do carro e a rega do jardim. Em termos de estudos de viabilidade económica comparou-se a construção do SAAP utilizando um reservatório enterrado, em PEAD ou em betão armado. Através do programa de simulação concluiu-se que um tanque em betão de capacidade  $1\text{m}^3$  é mais favorável do ponto de vista do custo-benefício, pois é máxima a diferença entre o custo de poupança total de água e o custo de instalação do tanque, conseguindo-se a recuperação do investimento em 9 anos. Quanto ao tanque em PEAD o custo de instalação é sempre superior ao custo de poupança total de água, sendo por isso mais favorável a opção da menor capacidade ou seja,  $1\text{m}^3$ , à qual correspondem 13 anos de recuperação do investimento. Deste modo a opção pelo tanque em betão mostra-se mais favorável.

A habitação em Estômbar pertence à região do Algarve, apresenta dois pisos e é habitada por seis pessoas com dois carros. O SAAP é constituído por um reservatório enterrado em PEAD e a água pluvial armazenada é utilizada na descarga do vaso sanitário, na lavagem de carros e noutros usos. Quanto a estudos de viabilidade económica tanto o custo de instalação do tanque como o custo de poupança total da água aumentam com a capacidade do tanque, sendo o custo de instalação sempre superior ao custo total de água poupada, logo o custo é sempre superior ao benefício. Sendo assim a capacidade a considerar deve ser a mínima,  $1\text{m}^3$  ao qual corresponde um período de recuperação do investimento de 20 anos, valor que segundo a autora é considerado pouco razoável.

**Tabela 5-10** Residências portuguesas onde foram aplicados sistemas de aproveitamento de águas pluviais

Local	Área de captação m <sup>2</sup>	Tratamento	Volume Reservatório m <sup>3</sup>	Material	Ponto de uso de água pluvial
Encarnação Lisboa	90	Filtragem	20	PE*	Descarga sanitária + máquina de lavar roupa + rega do jardim
Óbidos		2 Filtros	15	Betão armado	Rega do jardim + lavagens
Corroios	170	Filtragem	20	PE	Descarga sanitária + máquina de lavar roupa + rega do jardim
Encarnação Lisboa	100	Filtragem	15	PE	Descarga sanitária + máquina de lavar roupa + rega do jardim

\* PE – Polietileno

## 5.2. Sistemas de conservação de água em edifícios residenciais

Com a questão ambiental também a construção de edifícios tem vindo a ser modificada, estudando-se e desenvolvendo-se casos de edifícios sustentáveis com preocupação tanto ao nível da qualidade de vida do utilizador como do ambiente, ou seja, procura-se atingir a eficiência da utilização dos recursos naturais como a água, a energia e os materiais. Estes edifícios são conhecidos como “edifícios verdes” e têm como características, a garantir no caso da conservação de água, o uso racional da água, pressupondo o uso eficiente, e o uso de fontes alternativas de água. A prática racional começa por evitar a utilização de água com características nobres para transporte de dejectos, aplicando-se antes as águas fornecidas pelo aproveitamento de água pluvial ou de reutilização de águas cinzas.

### 5.2.1. Edifício (Royal Blue) na Praia do Canto, Vitória/ES Brasil

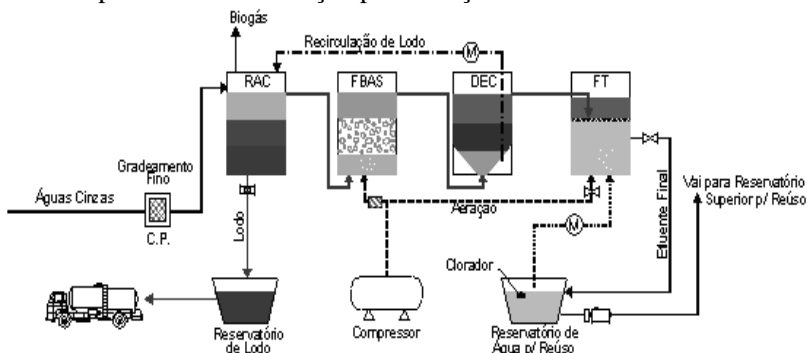
Trata-se de um estudo apresentado por Gonçalves (2007), sobre um edifício residencial constituído por 18 andares, 60 apartamentos, uma área total de 7000m<sup>2</sup> e uma área privativa de 170m<sup>2</sup>/ap.

A população atendida por dia é de 240 pessoas, o consumo de água é de 48 m<sup>3</sup>/(dia.hab), a produção de águas residuais divide-se, em



termos de percentagem, em 55% águas cinzas correspondendo a 22,44 m<sup>3</sup>/dia e em 45% águas negras correspondente a 18,36 m<sup>3</sup>/dia obtendo-se uma economia de água potável de 30%.

Para este edifício foi proposta e é utilizada uma estação de tratamento de água cinza (ETAC) constituída por um processo de pré-tratamento com gradeamento fino localizado na caixa reguladora de caudal, seguido do tratamento primário através de um reactor anaeróbio compartimentado (RAC) composto por três câmaras onde nas duas primeiras se dá a digestão da matéria orgânica enquanto que a segunda é um decantador que separa as fases sólida, líquida e gasosa do efluente. Para atingir a qualidade pretendida, em termos de remoção de compostos orgânicos associa-se um tratamento secundário aeróbio através de um filtro biológico aerado submerso (FBAS), seguido de decantação secundária. O lodo retido neste decantador (DEC) volta à entrada da ETAC existindo assim um sistema de recirculação de lodo. Deste modo, no RAC, o lodo em excesso é digerido pela via anaeróbia. Em seguida utiliza-se um filtro terciário para clarificação do efluente e ainda se processa a desinfecção por cloração.



**Figura 5-1** Fluxograma representativo da ETAC. Fonte: Gonçalves et al (2007)

Quanto à gestão do lodo em excesso produzido no RAC (anaeróbio + aeróbio digerido) aconselhou-se que fosse retirado uma vez em cada dois meses através de um limpa-fossas e disposto em aterro sanitário.

No caso do biogás gerado no RAC este é colectado e canalizado até ao ramal de ventilação predial.

A ETAC é então constituída por 6 módulos com dimensões individuais de 1,5x1,5x2,2m, 1 bomba de potência 1CV para

recirculação de lodo, um compressor de ar de 2CV e um sistema de filtração, apresentando uma área total de ocupação de  $27\text{m}^2$ .

Quanto às características de projecto consideraram-se 12 horas para o tempo de detenção hidráulica no tratamento anaeróbio, 0,8 a 1  $\text{KgDBO}/\text{m}^3\cdot\text{dia}$  de carga volumétrica no tratamento aeróbio, 20 a 25  $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{dia}$  referente à taxa de decantação, 0,10  $\text{m}^2/\text{hab}$  de demanda de área e 0,02 CV/hab de potência relativa.

Conhece-se ainda a eficiência do tratamento da ETAC, sabe-se que é capaz de produzir um efluente com características  $\text{SS}<10\text{mg}/\text{L}$ ,  $\text{DBO}_5<10\text{mg}/\text{L}$ ,  $\text{DQO}<40\text{mg}/\text{L}$  e  $\text{CF}<10^3\text{NMP}/100\text{ml}$ .

Relativamente a este estudo foi possível verificar que com uma tarifa de água+esgoto da concessionária de saneamento de R\$ 6,16/ $\text{m}^3$  e com um custo da água cinza tratada de R\$ 1,30/ $\text{m}^3$ , a cada  $\text{m}^3$  de água potável não consumida, o condomínio economizará R\$ 4,86/ $\text{m}^3$  resultando numa economia de R\$ 25.200,00/ano  $\approx 48\text{ m}^3/\text{dia} \times 0,3 \times 365\text{ dias} \times \text{R\$ } 4,86/\text{m}^3$ . Segundo os resultados do estudo, o tempo de retorno do investimento do sistema de reutilização pode variar de 4,5 a 8,5 anos dependendo do valor do BDI (Benefício e Despesas Indirectas) da construção.

As principais vantagens deste sistema são então o retorno ecológico imediato, o retorno do investimento entre 4,5 a 8,5 anos, considerando-se pequeno se comparado com o tempo mínimo de vida útil de 50 anos de um edifício e o tempo médio de 15 anos de moradia do proprietário. Além disso verifica-se uma menor emissão de poluentes e uma redução de 30% no consumo de água potável.

### **5.2.2. Tecnologia de aproveitamento de águas pluviais num empreendimento em Matosinhos, Portugal**

Segundo Neves et al. (2006), trata-se do primeiro empreendimento nacional projectado segundo o programa da União Europeia “Sustainable Housing Europe”, onde se incentiva a adopção de medidas para a construção de habitações sustentáveis, como por exemplo o recurso a fontes alternativas de água para usos de qualidade menos exigentes.

O empreendimento foi lançado, em 2005, pela União Norbiceta englobando as Cooperativas de Habitação “As Sete Bicas”, “NorteCoope” e “Ceta” e é constituído por dois edifícios com um total de 101 habitações.

O empreendimento apresenta um SAAP para rega dos jardins e limpeza dos vasos sanitários a partir da captação de água da chuva pela cobertura e armazenando num reservatório enterrado em betão armado. Este reservatório tem a particularidade de recolher também águas freáticas para suprir as necessidades de água em situações de períodos de escassez de chuva. A distribuição de água é feita por gravidade após a água ser bombeada do reservatório para o sótão dos edifícios para reservatórios de plástico de acordo com o número de caixa de escadas.

## 6. CONCLUSÃO/DISCUSSÃO

Com o término deste trabalho, de fundamentação teórica e de apresentação de estudos de aplicação prática, foi possível definir as respostas aos objectivos propostos, pretendendo-se, com este capítulo, retirar algumas conclusões, assim como deixar sugestões para o desenvolvimento da prática de conservação de água tendo em conta os objectivos de qualidade, eficiência e gestão integrada e sustentável de recursos hídricos na utilização, particular, de sistemas de reutilização de água cinza e de aproveitamento de água pluvial, ao nível doméstico, para uso não potável.

Em termos gerais conclui-se que este trabalho contribui para a sistematização do conhecimento sobre os sistemas de conservação da água, confirmando-se que a prática da reutilização de águas cinzas e do aproveitamento de águas pluviais são alternativas adequadas de protecção dos recursos hídricos e da sobrevivência da sociedade, mostrando-se, contudo, necessária a aposta no desenvolvimento específico de legislação/normas que padronizem parâmetros de qualidade dos efluentes tratados de modo a reflectir-se numa adequada opção de tecnologia de tratamento.

Relativamente ao estudo da evolução até à actual situação legislativa portuguesa e brasileira, na procura de orientações de níveis de controlo de qualidade dos efluentes de sistemas de reutilização de águas cinzas tratadas e de aproveitamento de águas pluviais ao nível doméstico, constatou-se que o Brasil apresenta a norma legislativa da NBR 13969:1997, a nível nacional, orientada para a reutilização de água de esgoto, destacando a prática da segregação de efluentes domésticos para reduzir o grau de tratamento e os custos associados. Ao nível do aproveitamento de águas pluviais o Brasil segue as orientações da NBR 15527:2007 indicando técnicas de dimensionamento, construção e parâmetros para verificação da qualidade desta água.

Foi ainda possível verificar que ao nível estadual existem legislações brasileiras que regulamentam e incentivam a utilização de fontes alternativas de águas.

Para além da legislação foi criado o manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações da ANA, FIESP & SINDUSCON (2005) o qual contribui com parâmetros de verificação de qualidade das águas tratadas, de acordo com classes de uso.

Em Portugal tanto a questão da reutilização de águas residuais como o aproveitamento de águas pluviais ainda aguardam ser legisladas,

existindo apenas a norma para reutilização de águas residuais tratadas em rega agrícola NP 4434:2005 e a especificação ETA 0701:2009 da ANQIP para o aproveitamento de águas pluviais, a qual apresenta parâmetros de verificação de qualidade de acordo com os parâmetros definidos no Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto, para águas balneares. Além destes documentos existe o Guia Técnico de Reutilização de Águas Residuais de Monte e Albuquerque (2010) que fornece alguns parâmetros para verificação da qualidade de água residual após tratamento, contudo é aplicado a uma escala urbana sem ter em conta as vantagens da segregação de efluentes domésticos.

Em termos comparativos os valores de verificação da qualidade de água para reutilização ou de aproveitamento de água pluvial mostram-se mais conservadores no Brasil.

Refere-se ainda que se considera que é, pelo menos através de estudos e análises sobre a avaliação de risco que se conseguirá uma adequada solução para definir objectivamente os parâmetros de qualidade de água reutilizada de acordo com o tipo de uso que se pretende.

Quanto às categorias estratégicas de conservação de água identificou-se o uso eficiente das águas, o aproveitamento de fontes alternativas, o desenvolvimento e adequação tecnológica, a gestão das águas nas edificações e o desenvolvimento do comportamento conservacionista. Conclui-se que todas estas categorias estratégicas são imprescindíveis para a obtenção da melhor performance dos sistemas de conservação de água, principalmente por actuarem no sentido de garantirem uma aplicação e utilização eficiente, com obtenção de água de qualidade e segundo uma gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos. O aproveitamento de fontes alternativas engloba a aplicação de sistemas de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais.

Em termos dos objectivos de qualidade, eficiência e gestão sustentável dos recursos hídricos, na utilização dos sistemas de conservação de água, conclui-se que só com o alcance, simultâneo e adequado, desses objectivos é aceitável a aplicação de um projecto nesta área.

Em síntese, entende-se que a qualidade na utilização de sistemas de conservação está directamente relacionada com as características finais do efluente tratado, ou seja é dependente da eficiência da tecnologia de tratamento e por este motivo dependente da verificação das características do efluente após tratamento em termos de parâmetros de qualidade. Contudo, como foi perceptível no ponto 4.11

estes parâmetros, principalmente no caso do Brasil têm valores diferentes entre legislação, manual e orientações da US EPA (2004) constatando-se que seria importante definir de forma mais assertiva os parâmetros de qualidade no sentido de serem utilizados como meio de tomada de decisão na aplicação de determinada tecnologia de tratamento. Entende-se que a dificuldade em padronizar estes parâmetros está, também, relacionada com a definição do risco quando o ser humano está exposto a determinado uso, ficando a questão em aberto.

Além da referida eficiência qualitativa existe ainda a eficiência quantitativa, que só é aceite quando o consumo de água não potável é suprido, de forma racional, pelas disponibilidades das fontes alternativas de água. A eficiência pode ainda ser traduzida à escala da viabilidade económica do projecto, tendo em conta uma relação de custo/benefício.

Quanto à gestão integrada e sustentável de recursos hídricos é entendido que estes sistemas são componentes estratégicos da mesma.

Particularizou-se também o estudo da estratégia de aproveitamento de fontes alternativas quanto à caracterização dos sistemas de reutilização de águas cinzas e de aproveitamento de águas pluviais, ao nível doméstico, concluindo-se que, em termos gerais o projecto de ambos os sistemas se mostra dependente de inúmeras e variáveis características que contribuem como aspectos particulares a ter em consideração em cada projecto, tais como o local onde são aplicados, do número de habitantes, dos hábitos de consumo, dos pontos de uso, da qualidade da água antes e após o tratamento, das adaptações construtivas, entre outras.

De acordo com o trabalho efectuado observou-se que os sistemas de aproveitamento de águas pluviais envolvem um processo de captação, filtração, descarte e armazenamento, sendo indispensável, segundo a legislação brasileira e a especificação portuguesa, ainda um processo de desinfecção para situações de descarga em vaso sanitário devido à possível presença de microrganismos patogénicos. Em termos de viabilidade económica o reservatório é o equipamento que mais condiciona a recuperação do investimento, por ter o custo mais elevado, contudo é o que resiste mais tempo. Observou-se ainda que não é consensual o valor de descarte contudo alguns estudos verificam que  $1\text{L}/\text{m}^2$  de superfície de captação é suficiente.

Quanto aos sistemas de reutilização das águas cinzas, o processo sequencial está dependente do tipo de tratamento adoptado e é caracterizado pela recolha de efluentes de águas cinzas, seguido de um processo de tratamento e da reutilização dessas águas.

Em termos de tecnologias de tratamento, com aplicação ao nível doméstico, é consensual a aposta em tratamentos simples e de custos reduzidos, de fácil construção, monitorização, sem ou com o mínimo consumo de energia e que, acima de tudo, sejam capazes de produzir um efluente com a qualidade pretendida. Deste modo consideraram-se as tecnologias de tratamento como o tanque séptico, o filtro anaeróbio, o filtro biológico aerado submerso, o filtro de areia, os filtros plantados de macrófitas, os reactores anaeróbios de fluxo ascendente, os reactores anaeróbios compartimentados e o tratamento por desinfecção. Entendeu-se que a utilização de unidades de tratamento biológico combinadas, pré-tratamento anaeróbio seguido de um sistema aeróbio é uma boa opção para o tratamento de águas cinzas mais concentradas. No caso do tratamento anaeróbio, os RAFA e RAC apresentam-se como substitutos do tanque séptico devido às condições ideais, em termos de tecnologia de construção, para a sobrevivência de bactérias anaeróbias através da utilização do esgoto de maneira eficiente, degradando-o com rapidez. Refere-se ainda o caso particular dos filtros plantados de macrófitas que se apresentam como uma solução que engloba todo o ideal referido anteriormente, tratando-se duma aposta ao nível brasileiro, principalmente, devido às características climáticas do país que propiciam uma aceitável performance destes sistemas, contudo falta regulamentação sobre esta tecnologia.

Em termos dos estudos analisados verifica-se que estes se dividem em análises de qualidade e quantidade de efluente e viabilidade económica do sistema, entendendo-se que ao nível da reutilização de águas cinzas os estudos estão mais orientados para as características das águas antes do tratamento, na qualidade da água após o tratamento, na capacidade de suprir os consumos e nem tanto para questões de viabilidade económica. Por outro lado, é notório que nos estudos de sistemas de aproveitamento de água pluvial, principalmente em Portugal, que estes estão mais relacionados com a viabilidade económica do projecto.

Ao longo deste trabalho foi evidente a aposta nos sistemas de aproveitamento de água de chuva no Brasil, principalmente com o projecto PIMC, ao contrário da aposta nos sistemas de reutilização de águas cinzas. Quanto a Portugal, embora em menor número, são aplicados sistemas de aproveitamento de água da chuva, ao contrário da muito provável inexistência de sistemas de reutilização de águas cinzas, uma vez que não se encontrou nenhuma aplicação dos mesmos, ao nível doméstico. Entende-se que esta observação esteja relacionada com a maior facilidade de aceitação por parte da população em aproveitar a

água pluvial, duvidando ainda da qualidade das águas cinzas. Além disso os sistemas de aproveitamento de água da chuva tornam-se mais simples, em termos de tratamento e de construção, o que contribui para o seu desenvolvimento e aposta em termos comerciais e consequentemente de proximidade com o público. Do ponto de vista de protecção dos recursos hídricos estas razões deixam de ser admissíveis na medida em que o ideal seria aproveitar ao máximo as fontes alternativas, contudo existe a questão da viabilidade económica que se tem mostrado determinante. Deste modo sugere-se que a conservação do recurso água a nível doméstico comece pela estratégia de uso eficiente das águas, com práticas mais simples como a utilização de equipamentos sanitários de consumo eficiente, a aplicação de arejadores nas torneiras ou de válvulas redutoras de pressão em tubulações, entre outras.

Em última análise é importante evidenciar a contínua preocupação base em abranger a população mundial com sistemas de esgotos e abastecimento de água, ao mesmo tempo que a sua prática se mostra incoerente com os ideais de conservação dos recursos hídricos, principalmente em países onde o desenvolvimento tecnológico acompanha a construção mas, no entanto se continua a adoptar o tradicional sistema de abastecimento de água e de esgotos. Seguindo esta ideia seria interessante prever um novo estilo de construção para as habitações a partir da segregação de efluentes de esgotos residuais ao nível doméstico. Admite-se que seja, até, preferível iniciar-se esta prática ao nível habitacional seguindo-se depois para uma escala de aglomerados, pois as mudanças ao nível residencial podem ser independentes dessas, uma vez que após se reutilizarem as águas estas são encaminhadas para a rede de esgotos como habitual. No entanto vão ser notórias as mudanças nas variações de caudal tanto ao nível da rede de abastecimento como de saneamento. Sugere-se ainda que se promova a aplicação destes sistemas na sociedade através da aposta, por parte de entidades governamentais, em mecanismos como programas, subsídios e incentivos fiscais, no caso do Brasil é para dar continuação e no caso de Portugal deve seguir-se um caminho similar ao das energias renováveis. Conclui-se ainda que estes países podem realmente aprender muito através da troca de conhecimento tecnológico, e de experiência em termos de práticas e técnicas de saneamento adoptadas por cada um deles, apesar das suas diferenças, tendo sempre em conta a necessidade de que a sua adopção deve adequar-se com a realidade de cada país.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos. NBR 13.969. Brasil.1993.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229. Brasil. 1993.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. NBR 15527. Brasil. 2007.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Estabelece critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. NBR 9800. Brasil. 1987.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Planeja a amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. NBR 9897. Brasil.1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Define os termos nos estudos, projetos, pesquisas e trabalhos relacionados à poluição das águas. NBR 9896. Brasil.1993.

Agenda 21, In: Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio de Janeiro, 1992. Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=18&idConteudo=575&idMenu=9065>> Acesso em: 3/25/2010

Agência Nacional das Águas - ANA, Atlas-Abastecimento Urbano de Água, Brasil, 2009. Disponível em:  
<<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Diagnostico.aspx>>  
Acesso em: 3/30/2010

AISSE, M. M.; SOBRINHO, P. A., Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para o tratamento de esgoto sanitário, Brasil, 2001.

ALCAMO, J., DÖLL, P., KASPAR, F., SIEBERT, S., Global estimates of water withdrawals and availability under current and future “business-as-usual” conditions, Centre for Environmental Systems Research, University of Kassel, Germany, 1997.

ANA, FIESP & SINDUSCON - Associação Nacional das Águas, Federação das Indústrias de São Paulo, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo - Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

ANNECCHINI, K. P. V. Aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) Vitória (ES), 2005.

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, Especificação Técnica ETA 0701, Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios, Portugal, 2009. Disponível em: <<http://www.ecoagua.pt/sbo/files/ETA0701.pdf>> Acesso em: 10/4/2010

ARSPDE, Agência Reguladora dos Serviços Públicos Delegados do Estado do Ceará, Legislação sobre o uso racional da água, Ceará, 2004. Disponível em: <[http://www2.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua\\_csb.pdf](http://www2.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf)> Acesso em: 20/5/2010

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – UFES, Vitória, 2005.

BARBOSA S. A.; SANTOS, D. C.; NOLASCO, M. A. Avaliação do desempenho do sistema tanque séptico biofiltro aerado submerso no tratamento de esgoto sintético, Brasil, 2007.

BARRETO, D., Monitorização do perfil do consumo doméstico de água, In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009.

BIRKS R.; HILLS S., Characterisation of Indicator Organisms and Pathogens in Domestic Greywater for Recycling, UK, 2007.

Cimeira Mundial do desenvolvimento sustentável, Joanesburgo, 2002  
Disponível em: <<http://www.johannesburgsummit.org/>> Acesso em: 25/3/2010

CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução n.º 54 de 28 de Novembro, estabelece modalidades, directrizes e critérios gerais para a prática de réuso direto não potável de água, e dá outras providências. Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2005.

COHIM, E., Réuso de água cinza: a percepção do usuário (estudo exploratório) In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte. Minas Gerais: ABES, 2007

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Resolução n.º 20 de 18 de Julho de 1986. Estabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas. Diário Oficial da União. Brasília. Brasil. 1986.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE Resolução n.º 274 de 29 de Novembro 2000. Restabelece a classificação das águas, doces, salobras e salinas. Diário Oficial da União. Brasília. Brasil. 2000. Disponível em:  
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res\\_conama\\_274\\_00.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_274_00.pdf)>  
Acesso em: 17/4/2010

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 357 de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e directrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 2005.

Constituição da República Federal, Brasil, 1988.  
Disponível em:

<[http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988\\_05.10.1988/index.shtm](http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/index.shtm)> Acesso em: 16/4/2010

COOPER, P., A review of the design and performance of vertical-flow and hybrid reed bed treatment systems. Wat. Sci. Tech. Vol. 40, No. 3, UK, 1999.

Declaração de Estocolmo. In: Conferência das Nações Unidas sobre o ambiente humano, Estocolmo, 1972. Disponível em: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?documentid=97>> Acesso em: 23/3/2010

Declaração do Milénio. In: Cimeira do Milénio das Nações Unidas, Nova Iorque, 2000.  
Disponível em:  
<<http://www.unric.org/html/portuguese/uninfo/DecdoMil.pdf>>  
Acesso em: 23/3/2010

Decreto Federal n.º 24.643 de 10 de Julho 1934, Brasil, 1934.  
Disponível em:  
<[http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=566&Itemid=>](http://www.cnrh.gov.br/sitio/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=566&Itemid=>)> Acesso em: 4/4/2010

Decreto-Lei n.º 74/90, Diário da República n.º - I Série A. – Lisboa, 7 de Março de 1990.

Decreto-Lei n.º 45/94, Diário da República n.º - I Série A. – Lisboa, 22 de Fevereiro de 1994.

Decreto-Lei n.º 152/97, Diário da República n.º 139 – Série I A. – Lisboa, 19 de Junho de 1997.

Decreto-Lei n.º 236/98, Diário da República n.º 176 - I Série A – Lisboa, 1 Agosto de 1998.

Decreto-Lei n.º 149/2004, Diário da República n.º 152 - I Série A. – Lisboa, 22 de Junho de 2004.

Decreto-Lei n.º 97/2008, Diário da República n.º 111 – I Série A – Lisboa, 1 de Junho de 2008. Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho de 2008

Directiva n.º 91/271/CE (1991). Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Maio de 1991.

Directiva n.º 2000/60/CE (2000). Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Outubro de 2000, In: Jornal Oficial das Comunidades Europeias Parlamento Europeu, 2000. Disponível em:  
<[http://dqa.inag.pt/dqa2002/pdf/D\\_Q.pdf](http://dqa.inag.pt/dqa2002/pdf/D_Q.pdf)> Acesso em: 6/4/2010

DQA, A Directiva-quadro da Água, Algumas informações, Comissão Europeia, Serviço das publicações oficiais das comunidades europeias, 2002.

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (RGSPDADAR), Decreto Regulamentar n.º 23/95, Lisboa, 1995.

Disponível em:

<[http://www.estg.ipleiria.pt/files/351336\\_rgspddada\\_453e423a25c86.pdf](http://www.estg.ipleiria.pt/files/351336_rgspddada_453e423a25c86.pdf)> Acesso em: 30/4/2010

Dialogue on Water and Climate - DWC, Climate changes the water rules - how water managers can cope with today's climate variability and tomorrow's climate change, Holanda, Março, 2003

Disponível em:

<<http://www.waterandclimate.org/?id=CPWCresources340>>

Acesso em: 23/4/2010

Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável 2015 - ENDS -, Relatório Bienal, Portugal, 2008.

Disponível em:

<<http://www.apambiente.pt/politicambiente/DesenvolvimentoSustentavel/>> Acesso em: 5/5/2010

ENPHO; WaterAid; EndWaterProverty; Decentralised wastewater management using constructed wetlands in Nepal., Nepal 2008.

Disponível em:

<[http://www.wateraid.org/documents/plugin\\_documents/decentralised\\_wastewater\\_management\\_using\\_constructed\\_wetlands\\_in\\_nepal.pdf](http://www.wateraid.org/documents/plugin_documents/decentralised_wastewater_management_using_constructed_wetlands_in_nepal.pdf)> Acesso em: 7/4/2010

FERNANDES, D. R. M.; NETO, V. B. M.; MATTOS, K. M. C., Viabilidade Económica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação da cisterna na UFRN/RN. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

Food and Agriculture Organization – FAO, In: WATER101 Some Quick Facts about water, Disponível em:  
<<http://www.fao.org/nr/water/art/2007/flash/101/2/gallery1.html>>  
Acesso em: 7/4/2010

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde, Manual de Saneamento – Orientações Técnicas – Engenharia da Saúde Pública, Ministério da Saúde, 3.ed., Brasília 2006.

GONÇALVES, R. F., PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso Racional da Água em Edificações. ABES: Rio de Janeiro, 2006.

GONÇALVES, R. F., PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso Racional de Água e Energia. ABES, Vitória - ES, 2009.

GONÇALVES, R. F., SIMÕES, G. M. S., WANKE, R., Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ), Espírito Santo, 2007

GROSS, A.; KAPLAN, D.; BAKER, K. Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB). Ecological Engineering. v.31. 2007  
Disponível em:  
<<http://www.bashanfoundation.org/dror/droraremovalchemical.pdf>>  
Acesso em: 3/6/2010

HESPANHOL, I.; Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 7 n.º4 Out/Dez, 2002.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em:  
<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/default.shtm>> Acesso em: 19/4/2010

Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água – INSAAR, Instituto da Água – INAG, Relatório de 2006. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Instituto da Água, Portugal, 2006.

Lei n.º 58/2005, Diário da República n.º 249 – I Série A -Lisboa, 29 de Dezembro de 2005.

Lei n.º 6.938 de 31 de Agosto 1981, Política Nacional do Meio Ambiente, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasil 1981.

Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>  
Acesso em: 4/5/2010

Lei n.º 9.433/97 de 8 de Janeiro 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União. Brasil, 1997.

Disponível em:  
<<http://www.mma.gov.br/port/srh/politica/legislacao/lei9433.html>>.  
Acesso em: 10/5/2010

Lei n.º 11.445, de 5 de Janeiro de 2007, Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasil 2007.

Disponível em:  
<<http://www.arsal.al.gov.br/servicos/saneamento/lei11445.pdf>> Acesso em: 10/5/2010

Lei n.º 10.785, de 29 de Março de 2003, Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas edificações PURAE, Curitiba, Brasil, 2003.

Disponível em:  
<[http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua\\_csb.pdf](http://www.arce.ce.gov.br/download/legis-uso-agua_csb.pdf)>.  
Acesso em: 10/5/2010

MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; RABELO, L.; ROSSETTO, T. S.; PHILIPPI, L. S. Reúso de águas cinzas tratadas em descarga de vaso sanitário e rega de jardim. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 13, Belém, 2008.

MAGRI, M. E.; SEZERINO, P.H.; PHILIPPI, L.S. Aplicação de biofiltros aerados submersos com os meios suportes: cascas de ostras e tampas de polietileno, no pós-tratamento de efluentes de um tanque séptico. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Minas Gerais: ABES, 2007.

MAGRI, M. E.; SUNTTI, C.; SERGIO, D. Z.; JOUSSEF, K. L., PHILIPPI, L. S.; Caracterização quali-quantitativa das águas cinzas nos

seus diferentes pontos geradores numa residência unifamiliar, e alternativas de reúso, In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009.

MAGRI, M. E.; FRANCISCO, J. G.Z; RAMOS, S. R. A.; PHILPPI, L.S., Avaliação de cascas de ostras como material de enchimento de biofiltros aerados submersos para nitrificação de esgotos sanitários, In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009.

MANCUSO, P. C., SANTOS H. F., Reúso de Água. Barueri, SP: Manole, 2003.

MEMON, F. A.; ZHENG, Z.; BUTLER, D.; SHIRLEY-SMITH, C.; LUI, S.; MAKROPOULOS, AVERY, L. Life cycle assessment of greywater recycling technologies for new developments. Environmental Monitoring Assessment. 2007.

MONTE, H. M., ALBUQUERQUE A., Guia Técnico de Reutilização de Águas Residuais, ERSAR/ISEL, Portugal, 2010.

MONTEIRO, R. C. M.; HESPAHOL, I.; SUBTIL, E. L.; SILVA, R. J. M., Avaliação de sistemas tipo wetlands de fluxo horizontal subsuperficial no tratamento de água cinza visando a remoção de matéria orgânica e fósforo. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Recife, 2009.

MURAKAMI, M. F.; MORUZZI, R. B., Avaliação de parâmetros microbiológicos de água pluvial visando aproveitamento para fins não potáveis: o efeito do tempo de armazenamento, Brasil, 2007.

NEVES, M. V.; BERTOLO, E.; ROSSA, SARA; Aproveitamento e reutilização da água para usos domésticos. In: Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, FEUP, Portugal, 2006.

NIRENBERG, L. P.; REIS, R. P.A.; Avaliação do desempenho de sistema de reúso de água de uma edificação unifamiliar em Goiânia-GO, Brasil, 2010. Disponível em:

<<http://www.revistas.ufg.br/index.php/reec/index>>

Acesso em: 19/06/2010



NP 4434 – Norma Portuguesa sobre reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega. Instituto Português da Qualidade - IPQ, Caparica, 2005.

OLIVEIRA, F.T. A.; Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental -simulador para avaliação da viabilidade; IST, Lisboa, Portugal, 2008.

Organização das Nações Unidas – ONU. In: Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world, Report of the Secretary-General, 1997. Disponível em:  
<<http://daccess-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N97/003/65/IMG/N9700365.pdf?OpenElement>> Acesso em: 25/4/2010

Organização das Nações Unidas – ONU. In: Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987. Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em: 24/4/2010

PAULO, P.L.; BRAGA, A.F.M.; MAXIMOVITCH, A.C.; BONCZ, M.A. Tratamento de águas cinzas em uma unidade residencial de banheiros construídos. In: 24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte. Minas Gerais: ABES, 2007.

PBH - Planos de Bacia Hidrográfica – Instituto da Água – INAG, Portugal, 2002. <Disponível em:  
[http://www.inag.pt/inag2004/port/a\\_intervencao/planeamento/pbh/pbh.html](http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pbh/pbh.html)>. Acesso em: 17/5/2010

PETERS, M. R.; SEZERINO, P.H.; MELO, K. M. S.; PHILIPPI, L.S., Potencialidade de reúso residencial utilizando fontes alternativas de água. In: VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza, 2006.

PHILIPPI, L. S.; OLIJNYK, D. P.; MAGRI, M. E., Arranjos Tecnológicos para tratamento descentralizado de esgotos sanitários. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina. ECOSAN, Fortaleza, 2007.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H., BENTO A.P.; MAGRI M.E., Wetland construído de fluxo vertical empregado na nitrificação de efluente de lagoa anaeróbia localizada no Sul do Brasil sob diferentes cargas orgânicas. In: 10th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Lisboa, 2006.

PHILIPPI, L. S.; SEZERINO, P. H., Aplicação de sistemas tipo wetlands no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas. 1.ed., Florianópolis, SC, 2004.

PINHEIRO, A. et al. Efeito da abstração inicial no aproveitamento da água da chuva. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005.

PEAASAR II - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, Portugal, 2007

Disponível em:

<<http://www.maotdr.gov.pt/Admin/Files/Documents/PEAASAR.pdf>>

Acesso em: 20/4/2010

Plano Nacional da Água – PNA, Instituto da Água - INAG, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa, 2001.

Disponível em:

<[http://www.inag.pt/inag2004/port/a\\_intervencao/planeamento/pna/pna.html](http://www.inag.pt/inag2004/port/a_intervencao/planeamento/pna/pna.html)> Acesso em: 17/4/2010

PNBEPH - Programa Nacional de Barragens com Elevado Potencial Hidroelétrico, Portugal, 2007.

<Disponível em: <http://pnbeph.inag.pt/np4/home.html>>

Acesso em: 12/4/2010

PNCDA – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasil, 1997. Disponível em:

<<http://www2.cidades.gov.br/pncda/default.asp?Link=Apresentacao>>

Acesso em: 12/4/2010

PNUEA - Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, Versão Preliminar, LNEC e ISA, Portugal, 2001.

Disponível em:

[http://www.inag.pt/inag2004/port/quem\\_somos/pdf/uso\\_eficiente\\_agua.pdf](http://www.inag.pt/inag2004/port/quem_somos/pdf/uso_eficiente_agua.pdf). Acesso em: 18/4/2010

Portaria n.º 518, de 25 de Março. Ministério da Saúde. Diário Oficial da União. Brasília, Brasil, 2004.

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Uso Racional da Água em Edificações. Ricardo Franci Gonçalves (Coordenador). ABES: Rio de Janeiro, 2006.

PURA - Programa de Uso Racional de Água. Sabesp, São Paulo, Brasil, 1996. Disponível em:  
<[http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso\\_Racional\\_Agua\\_Generico&db=>](http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=>)  
Acesso em: 30/4/2010

P1MC - Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um Milhão de Cisternas Rurais, Brasil Julho, 2003. Disponível em:  
<<http://www.febraban.org.br/arquivo/servicos/respsocial/acordo.pdf>>  
Acesso em: 1/6/2010

RWDU - Rainwater harvesting for domestic uses: an information guide. Environment Agency. 2006. Disponível em:  
<[http://rainfoundation.org/fileadmin/PublicSite/Manuals/AGRODOK\\_RWH\\_43-e-2006-small.pdf](http://rainfoundation.org/fileadmin/PublicSite/Manuals/AGRODOK_RWH_43-e-2006-small.pdf)> Acesso em: 23/5/2010.

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, Manual de Sistemas descentralizados de tratamento de esgotos. Projecto ReCESA NUCASUL, Florianópolis, 2007.

Regulamento dos Serviços Hidráulicos, Portugal, 1892.  
Disponível em:  
<<http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=5534&versao=1>> Acesso em: 20/4/2010

SANTOS, F. D., Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures – SIAM Project, Gradiva, Lisboa, Portugal, 2002.  
Disponível em: <http://www.siam.fc.ul.pt/siam.html>. Acesso em:

SÁ MARQUES, J. A. A., SOUSA, J. J. O., Hidráulica Urbana - Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais, 2.ed., Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra 2008.

SEZERINO, P.H., PHILIPPI, L.S., Filtro plantado com macrófitas (wetlands) como tratamento de esgotos em unidades residenciais - critérios para dimensionamento. In: 22 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

SILVA, S. C., Wetlands construídos de fluxo vertical em meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos, Universidade de Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2007

SHIKLOMANOV I. A., World Water Resources and their use a joint SHI/UNESCO product, St. Petersburg, 1999.

Disponível em:

<<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/>>

Acesso em: 5/6/2010

STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. 14th ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. Washington DC, USA, 1975.

TELLES, D. A.; COSTA, R. H. P. G., Manual de Reúso da Água - Conceitos, Teorias e Práticas, Editora Blucher, São Paulo, 2007.

TUNDISI, J. G., Recursos Hídricos, MultiCiência Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp, Instituto Internacional de Ecologia, São Paulo, Outubro, 2003. Disponível em: <<http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>> Acesso em: 9/6/2010

United States Environmental Protection Agency - USEPA,. In: Guidelines for Water Resuse, Washington, September, 2004. Disponível em:

<<http://www.epa.gov/NRMRL/pubs/625r04108/625r04108chap4.pdf>>

Acesso em: 16/5/2010

VACCARI, K. P., FERNANDES, B. C.; SILVA P. M. V., ZANDONADE, E. Estudo do potencial de aproveitamento da água da chuva para sua utilização em edificações na região metropolitana de Vitoria (ES), In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, 2005.

World Water Assessment Programme – WWAP, In: Water for People Water for Life, The United Nations World Water Development Report, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization - UNESCO, 2003.

Disponível em: <<http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/>>

Acesso em: 24/4/2010

World Water Council - WWC, In: Water on the International Agenda,

Disponível em: <http://www.worldwatercouncil.org/index.php?id=708>

Acesso em: 24/4/2010

World Health Organization - WHO, In: Guidelines for Drinking-water Quality, First Addendum to third edition, V. 1, Recommendations, 2006.

Disponível em:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq0506.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf)

Acesso em: 18/5/2010

ZANELLA L., NOUR, E. A. A., ROSTON, D. M., Cyperus Papyrus em sistema de wetland-construído como pós-tratamento de esgotos, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 25, Recife, 2009